令和8年●月●日（●）

～ ICT活用工事の手引き（土工編）～
（計測技術事例集）

本資料は下記要領のうち、施工会社の実施事項を整理したものです。
ご不明な点は、管理要領を参考願います。
①3次元計測技術を用いた出来形管理要領（案）
②出来形管理の監督・検査要領（土工編）（案）
③無人飛行機の飛行に関する許可・承認の審査要領
④公共測量におけるUAV の使用に関する安全基準－国土地理院
⑤UAV を用いた公共測量マニュアル（案）－国土地理院
⑥地上レーザースキャナーを用いた公共測量マニュアル（案）－国土地理院

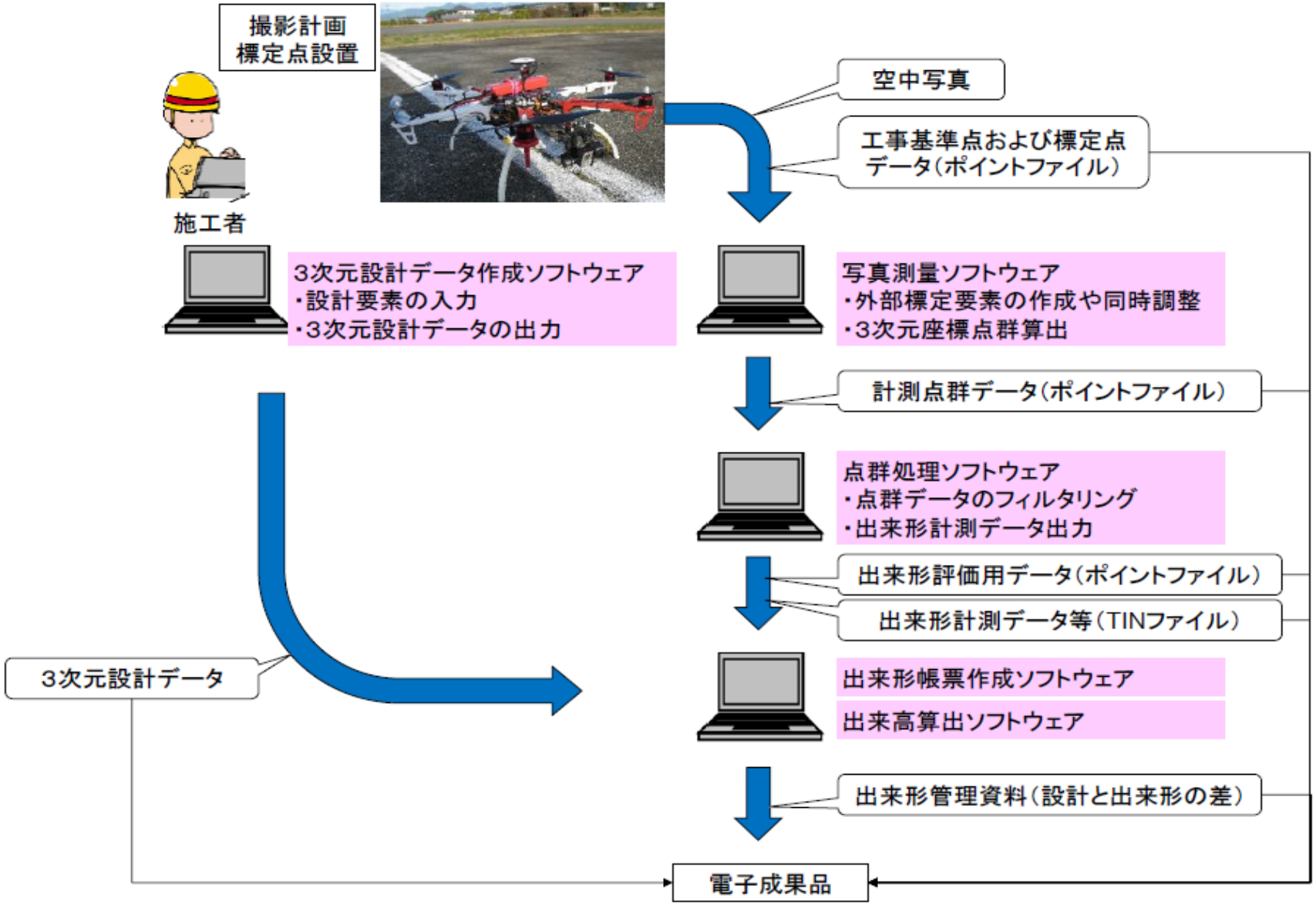
目　次

1.　機器・ソフトウェア等の選定・調達（データ作成の流れ）　P 1-1
1.　空中写真測量　P 1-2
2.　地上型レーザースキャナー　P 1-3
3.　無人航空機搭載型レーザースキャナー　P 1-4
4.　TS（ノンプリ）　P 1-5
5.　TS等光波方式　P 1-6
6.　RTK-GNSS　P 1-7
7.　施工履歴データ　P 1-8
8.　地上写真測量　P 1-9
9.　モバイル端末等　P 1-10
2.　施工計画書の作成　P 2-1
1.　空中写真測量　P 2-2
2.　地上型レーザースキャナー　P 2-4
3.　無人航空機搭載型レーザースキャナー　P 2-5
4.　TS(ノンプリ)　P 2-7
5.　TS等光波方式　P 2-8
6.　RTK-GNSS　P 2-9
7.　施工履歴データ　P 2-10
8.　地上写真測量　P 2-11
9.　モバイル端末等　P 2-13
3.　3次元起工測量　P 3-1
1.　空中写真測量　P 3-2
2.　地上型レーザースキャナー　P 3-5
3.　無人航空機搭載型レーザースキャナー　P 3-8
4.　TS(ノンプリ)　P 3-13
4.　精度確認試験の実施・結果の提出の実務内容　P 4-1
1.　空中写真測量　P 4-2
2.　無人航空機搭載型レーザースキャナー　P 4-3
3.　施工履歴データ　P 4-5
4.　地上写真測量　P 4-6
5.　モバイル端末等　P 4-7
5.　出来形写真管理　P 5-1
1.　空中写真測量　P 5-2
2.　空中写真測量以外　P 5-3

1．機器・ソフトウェア等の選定・調達
（データ作成の流れ）

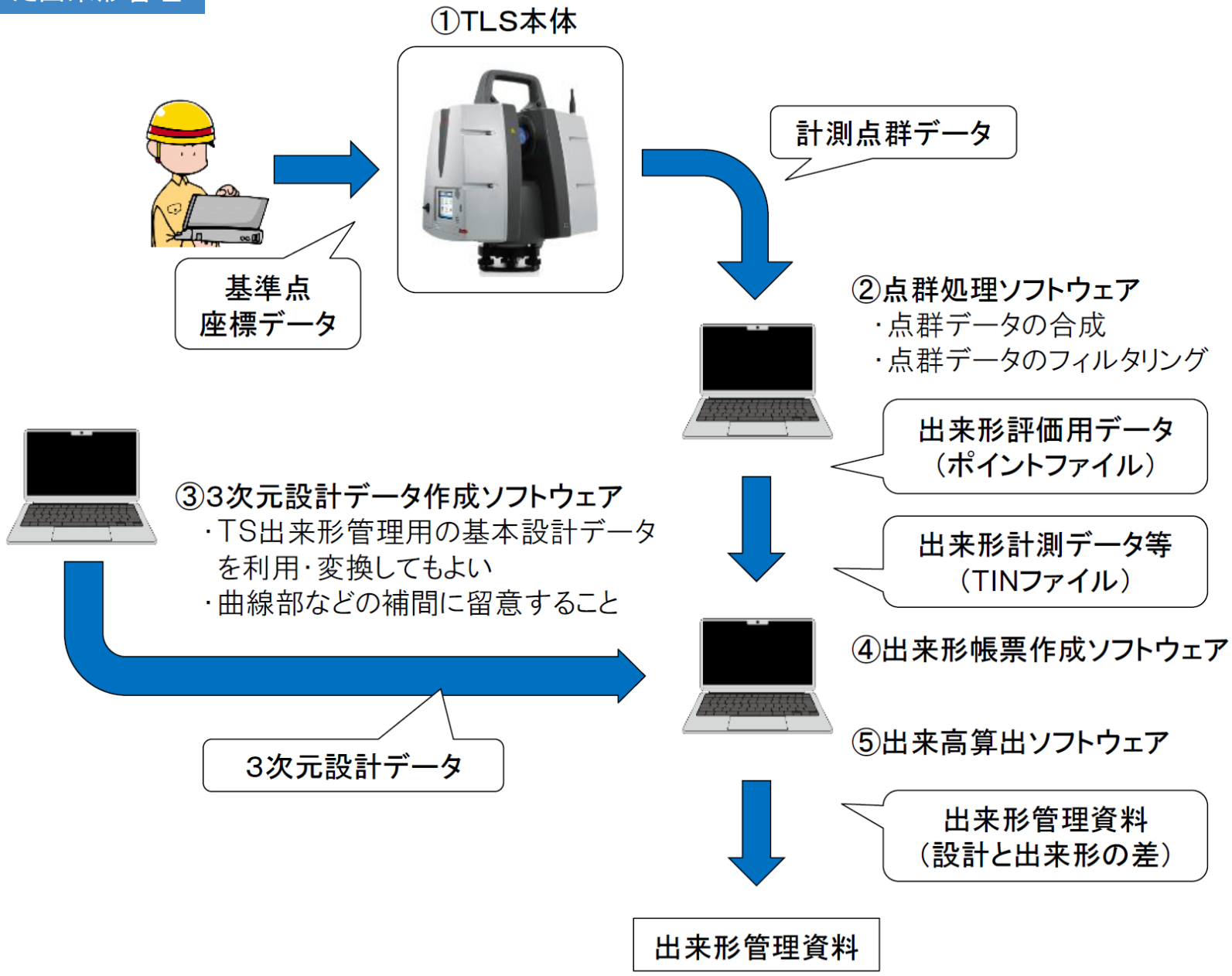
1－1. データ作成の流れ（空中写真測量）

UAVを用いた出来形管理



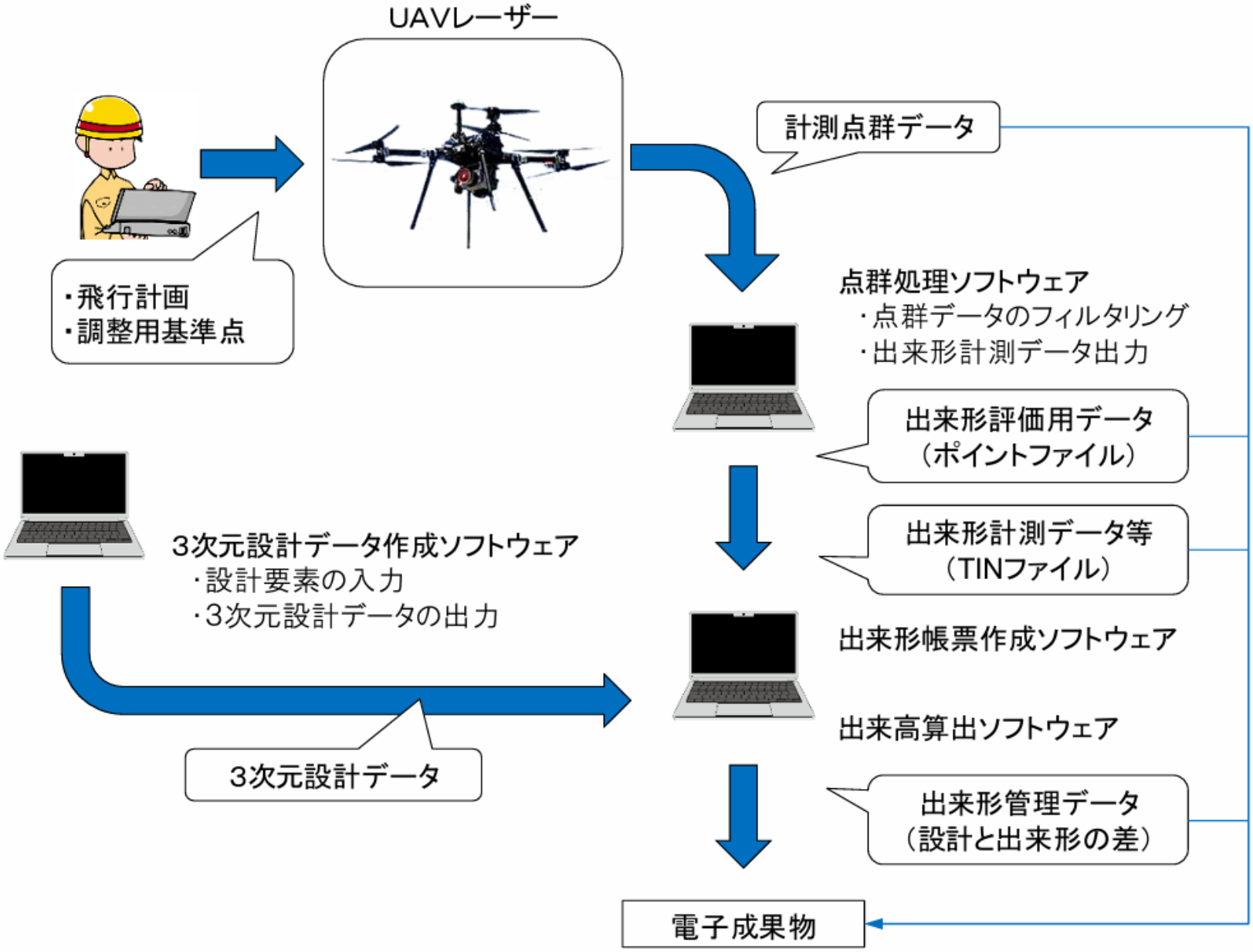
1－2. データ作成の流れ（地上型レーザースキャナー）

TLSを用いた出来形管理



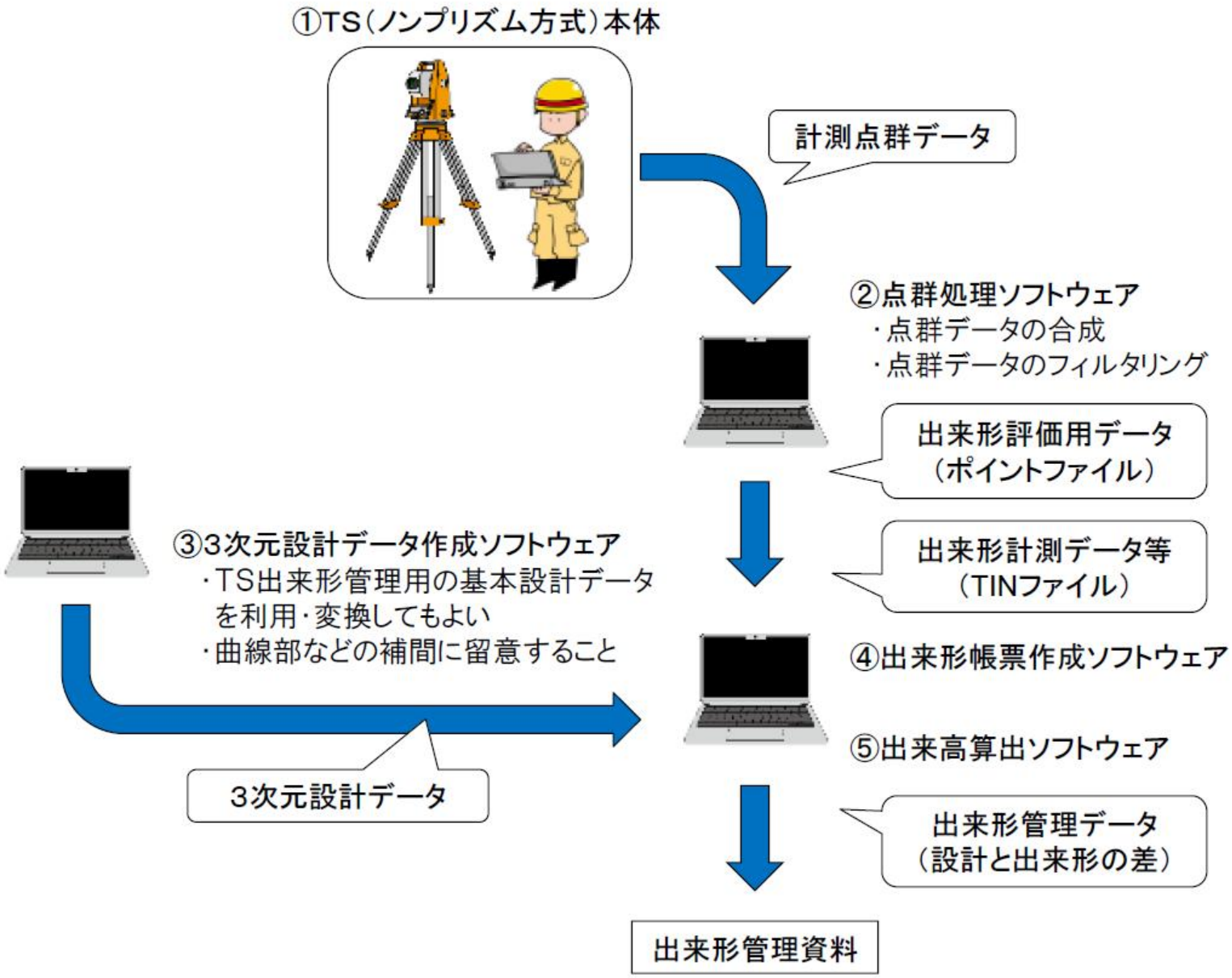
1－3. データ作成の流れ（無人航空機搭載型レーザースキャナー）

無人航空機搭載型LS（UAVレーザー）を用いた出来形管理



1－4. データ作成の流れ（TS（ノンプリ））

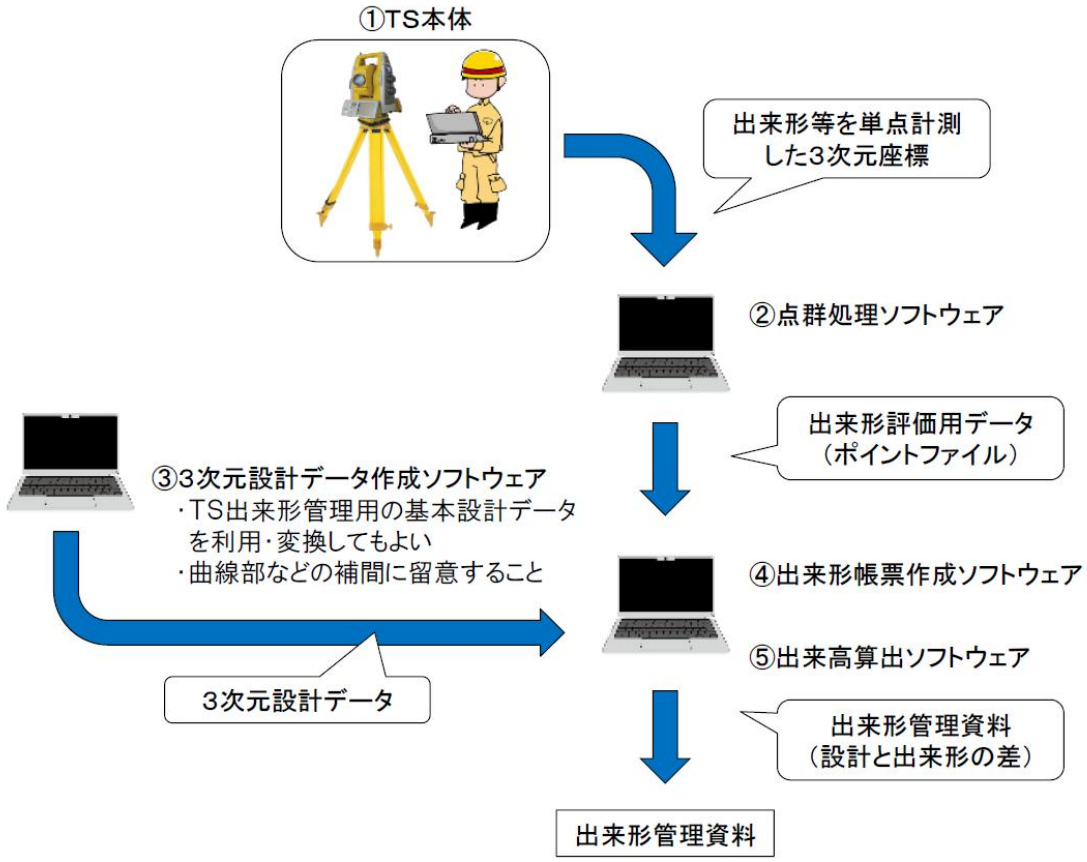
TS（ﾉﾝﾌﾟﾘｽﾞﾑ方式）を用いた出来形管理



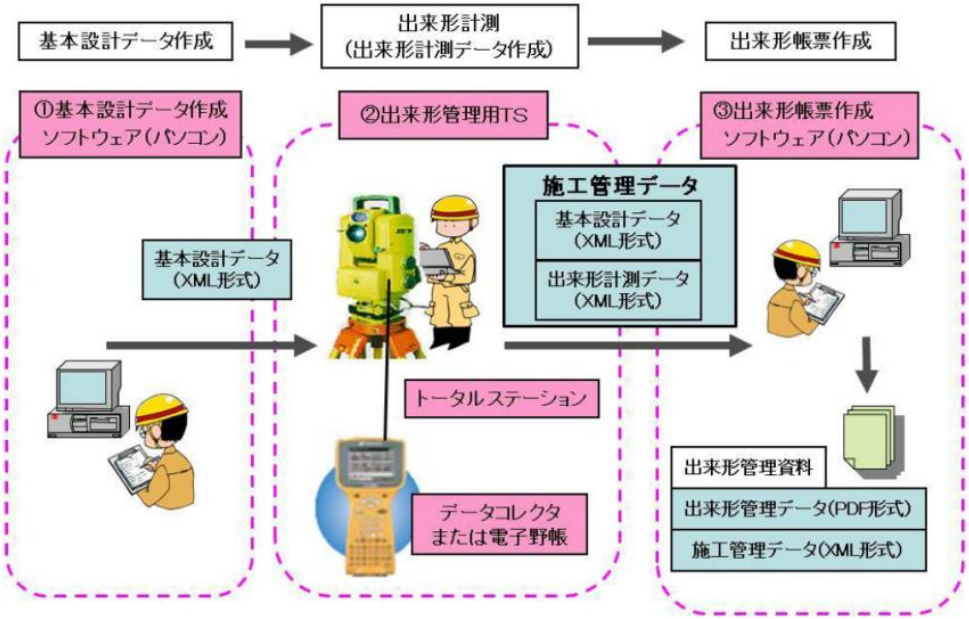
1－5. データ作成の流れ（TS等光波方式）

TSを用いた出来形管理

面管理の場合



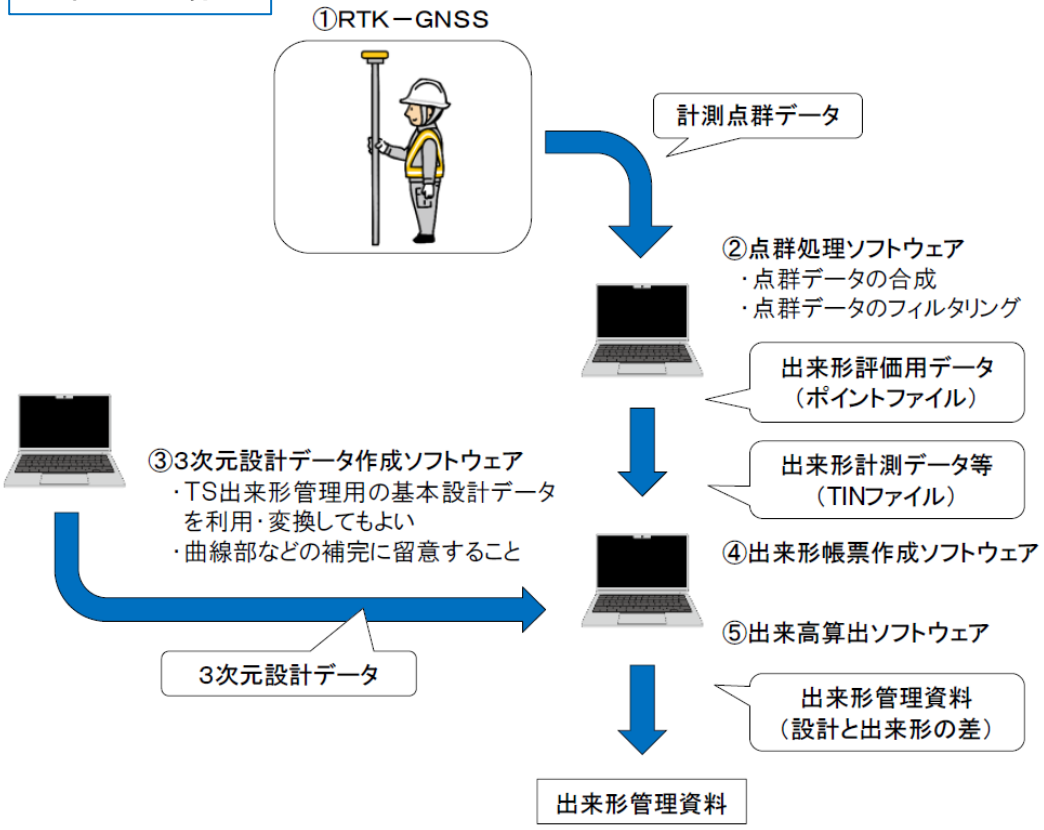
断面管理の場合



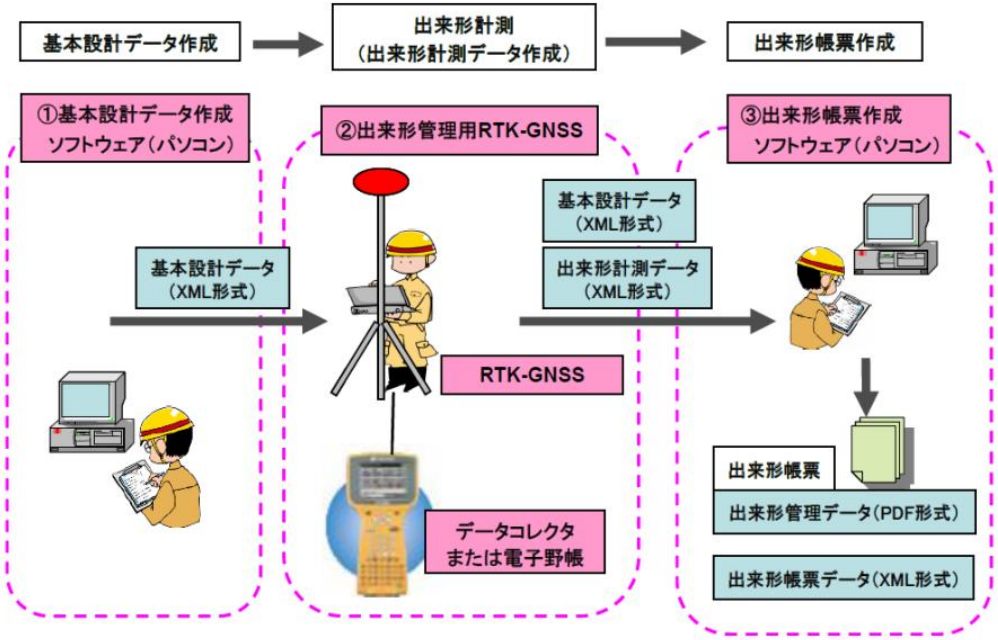
1－6. データ作成の流れ（RTK-GNSS）

RTK－GNSSを用いた出来形管理

面管理の場合

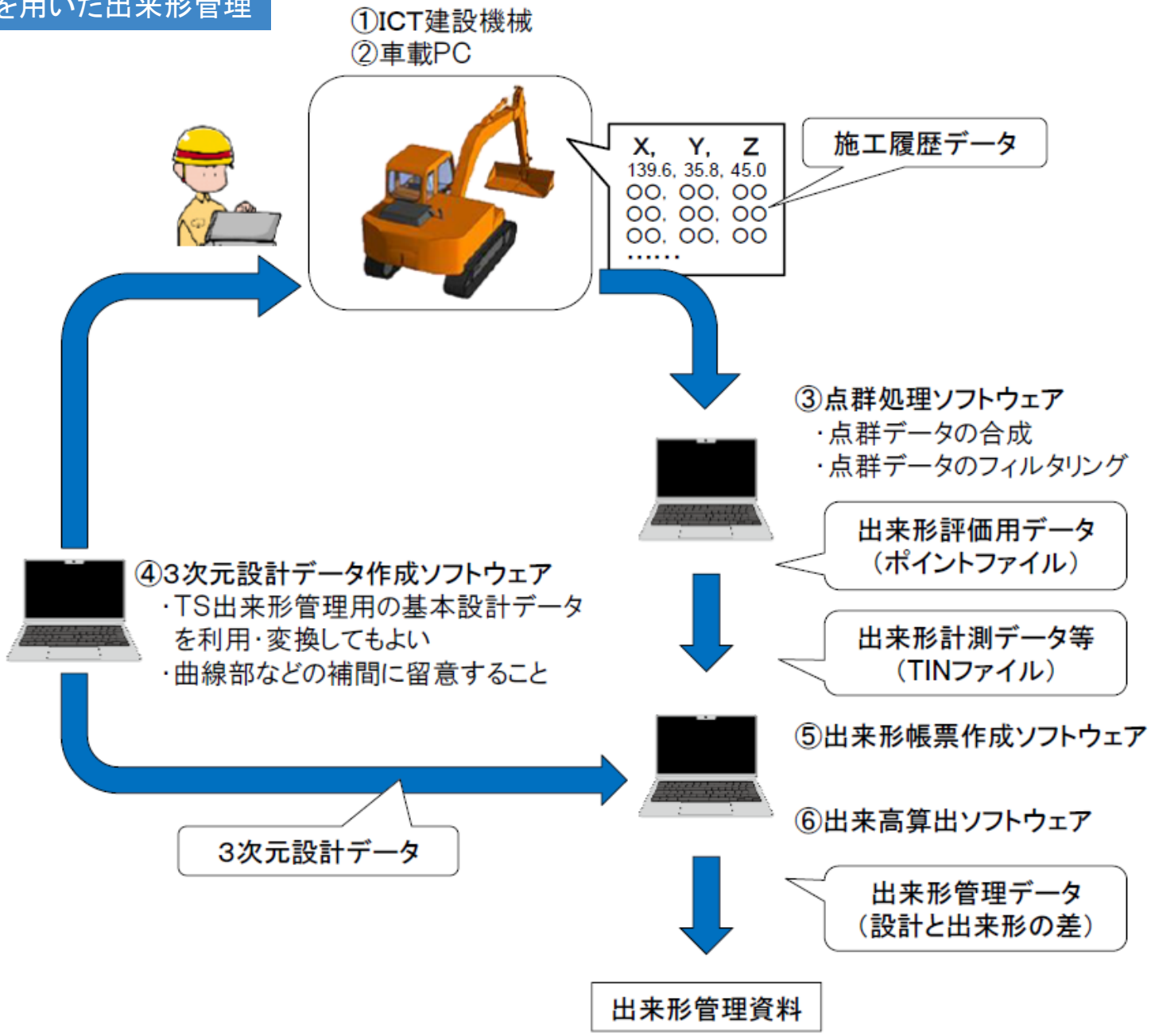


断面管理の場合



1－7. データ作成の流れ（施工履歴データ）

施工履歴データを用いた出来形管理



1－8. データ作成の流れ（地上写真測量）

地上写真測量を用いた出来形管理

①撮影機本体

【計測技術の一例】

ＧＮＳＳを装着したスマートフォン等で撮影する技術

ＧＮＳＳを搭載したタブレット等で撮影する技術

２周波ＧＮＳＳアンテナ・ジャイロ・カメラにより撮影時のカメラ位置と姿勢を記録する技術

②写真測量ソフトウェア

写真または動画

・3次元点群の算出

計測点群データ
（ポイントファイル）

・点群データの合成
・点群データのフィルタリング

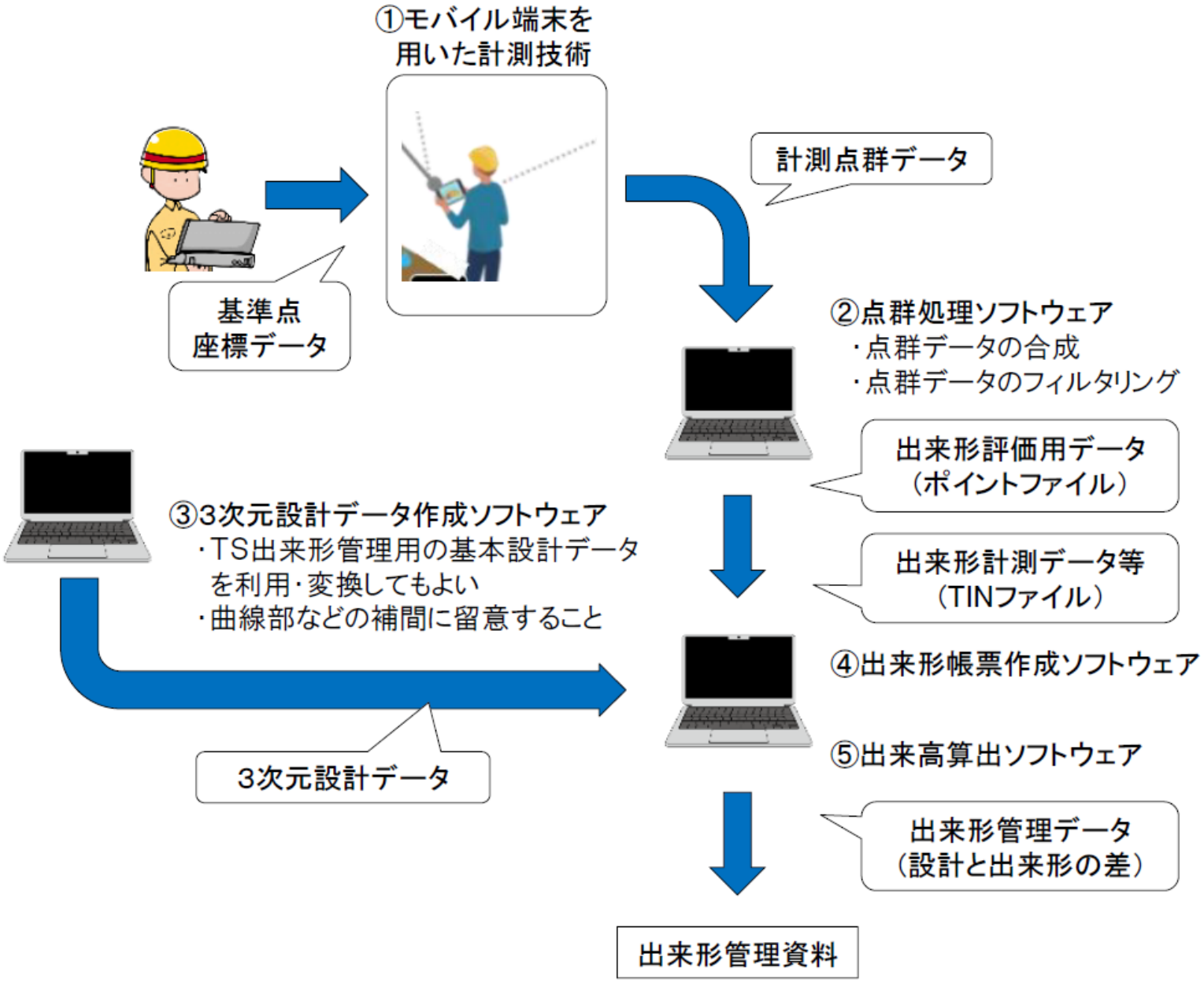
出来形部分の面データ
（TINファイル）

・出来形管理資料の作成

出来形管理資料

1－9. データ作成の流れ（モバイル端末等）

モバイル端末等を用いた出来形管理



2. 施工計画書の作成

2－1. 施工計画書の作成（空中写真測量）

機器構成、仕様確認時の留意点

- 機器構成
  - ① UAV
    - 撮影計画を満足する揚重能力及び飛行時間を確保できる機体であること。
    - 航空法に基づく無人飛行機の許可要件に準じた機体であること（「無人航空機の飛行に関する許可・承認の審査要領」の許可要件に準じた機体性能を有するとともに、当該機体に関する飛行マニュアルを整備しておくこと）。
    - 所定のラップ率、地上画素寸法が確保できる飛行経路及び飛行高度の算出するソフトウェアを有すること。
    - UAVの保守点検記録を提出する。
  - ② デジタルカメラ
    - 右記と同等以上の**計測性能**を有し、適正な**精度管理**が行われていることを、施工計画書の添付資料として提出する。
  - ③ ソフトウェア
    - 施工計画書に使用するソフトウェア（ソフトメーカー、ソフトウェア名、バージョン）を記載する。カタログや仕様書の提出は不要である。

添付書類

UAV	飛行マニュアル
	保守点検記録【製造元の点検(1回/年以上)】
ﾃﾞｼﾞﾀﾙｶﾒﾗ	計測性能・精度管理の記録

計測性能

地上画素寸法は、下記を基本とするが、現場精度確認において必要な測定精度を確保することが確認できる場合は、任意の地上画素寸法にて計測してもよい。

起工測量時 ： 20mm/画素以内　精度±100mm以内
岩線計測時 ： 20mm/画素以内　精度±100mm以内
部分払い出来高計測時： 30mm/画素以内 精度±200mm以内
出来形計測時 ： 10mm/画素以内　精度±50mm以内

2－1. 施工計画書の作成（空中写真測量）

撮影計画の留意点

- 撮影計画
  - 空中写真測量の撮影コース及び重複度等を記載する。
  - 「管理要領（案）」により利用する空中写真測量（UAV）については、以下の項目に留意し、撮影計画を作成すること。

①所定のラップ率、地上解像度が確保できる飛行経路及び飛行高度の算出結果を記載する。なお、所定のラップ率については、進行方向のラップ率90%以上であることを示す飛行計画、ただし、ラップ率最低80%以上とする場合は、飛行後に実績のラップ率を求めて提出が必要。

②算出に使用するソフトウェアの名称を記載する。

③標定点の外観及び設置位置、標定点位置の測定方法を示した設置計画を記載する。

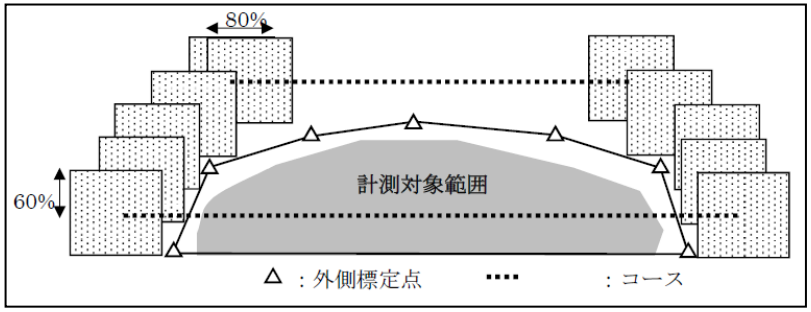
④直線かつ、等高度または等対地高度の撮影となるように計画する。

⑤撮影区域を完全にカバーするため、撮影コースの始めと終わりの撮影区域外をそれぞれ最低1モデル（2枚の空中写真の組み合わせ）以上設定した計画を記載する。また、3次元計測範囲は、土工部分を周囲に5m程度広げた範囲を基本とし、施工エリア全体としてもよい。

⑥対地高度は、必要な精度を満たす地上画素寸法を確保できること、使用するカメラの素子寸法及び画面距離から求めるものとする。撮影高度は、対地高度に撮影区域内の撮影基準面高を加えたものとする。

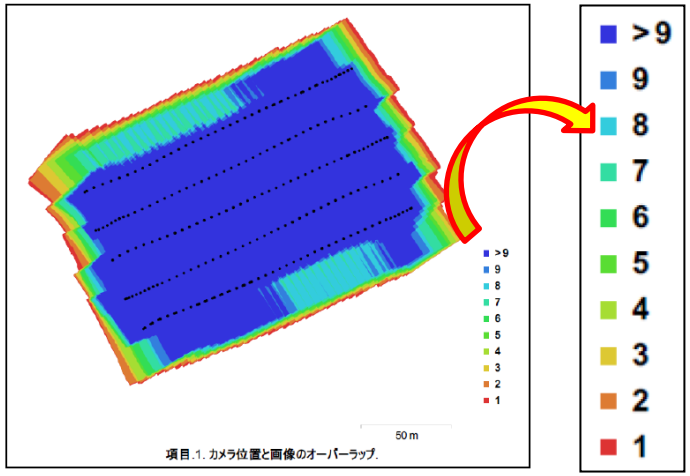
空中写真の重複度

- 空中写真の重複度は、同一コース内の隣接空中写真間で実際のラップ率を確認しない場合は90%以上、確認する場合は80%以上とし、隣接コースの空中写真間で60%以上と規定されている。



撮影する写真のイメージ（撮影後に実際の写真重複度を確認できる場合）

- 実際のラップ率値とは、撮影された写真から求められたラップ率のことで、確認方法は、例えばソフトウェアのレポートとして、計測対象範囲のモデル化に利用されている写真のラップ率や、ラップした枚数で確認できる（下図の確認例）こと等が考えられる。



写真のオーバーラップの確認例

2－2. 施工計画書の作成（地上型レーザースキャナー）

機器構成、仕様確認時の留意点

- 機器構成
  - TLS本体
    - 計測精度が下記と同等以上で、適正な精度管理が行われていることを示す書類を添付します。

測定精度：計測範囲内で**±50mm以内**
（起工測量では、±100 mm以内）
当該現場での計測最大距離において、**10m以上**離れた2点以上の既知点を設置し、既知点の3次元座標をTSとTLSで計測。TSとTLSの計測座標値の較差を比較。
精度確認試験を利用前の**12ヶ月以内に1回以上を実施**する。
色データ：色データの取得が可能なことが望ましい

  - ソフトウェア
    - 施工計画書に使用するソフトウェア（ソフトメーカー、ソフトウェア名、バージョン）を記載する。カタログや仕様書の提出は不要である。

添付する書類

TLS計測精度	精度確認を実施し、結果報告書を作成し添付
TLS精度管理	メーカ推奨の定期点検を実施

取得したデータの信頼度を担保します

事前精度確認試験結果報告書（例）

精度確認試験結果報告書

○○年○○月○○日
工　事　名：
受 注 者 名：
作　成　者：　　印

（1）試験概要

測定日	○○年○○月○○日
測定条件	天候：晴れ　　気温：8℃
測定場所	○○工事　現場内
精度確認の対象機器	メーカー　：㈱ＡＢＣ社 測定装置名称：ABC-123 測定装置の製造番号：ABC0123
検証機器（真値を計測する測定機器）	ＴＳ　機種名：○○○　（級別：○級）
精度確認方法	・ＴＳとＴＬＳとの平面座標の較差 ・ＴＳとＴＬＳとの標高較差
検証機器と検証点との距離	○○m

（2）精度確認試験結果

検証点名：○○○○

		x 座標	y 座標	z 座標
①真値の計測結果	1 点目	44044.720	−11987.655	17.890
（x，y，z）	2 点目	44060.797	−11993.390	17.530
②ＴＬＳによる計測結果	1 点目	44044.722	−11987.656	17.893
（x’，y’，z’）	2 点目	44060.802	−11993.394	17.533
③差の確認（測定精度）	1 点目	0.002	0.001	0.003
（x’，y’，z’）－（x，y，z）	2 点目	0.005	0.004	0.003

x 成分（最大）＝0.005m（5mm）；合格（基準値±50mm 以内）
y 成分（最大）＝0.004m（4mm）；合格（基準値±50mm 以内）
z 成分（最大）＝0.003m（3mm）；合格（基準値±50mm 以内）

2－3. 施工計画書の作成（無人航空機搭載型レーザースキャナー）

UAVレーザーを使って起工測量を行う場合は、使用機器・ソフトウェア使用機器・ソフトウェア（UAVレーザー本体の計測性能、機器構成及び利用するソフトウエア）と、飛行計画（飛行経路、飛行高度、サイドラップ率、計測密度、有効計測角等）が記載される。また、事前精度確認試験を実施して結果報告書が作成される。監督職員は事前精度確認試験を利用前の12ヶ月以内に1回以上実施していることを確認する。

機器構成、仕様確認時の留意点

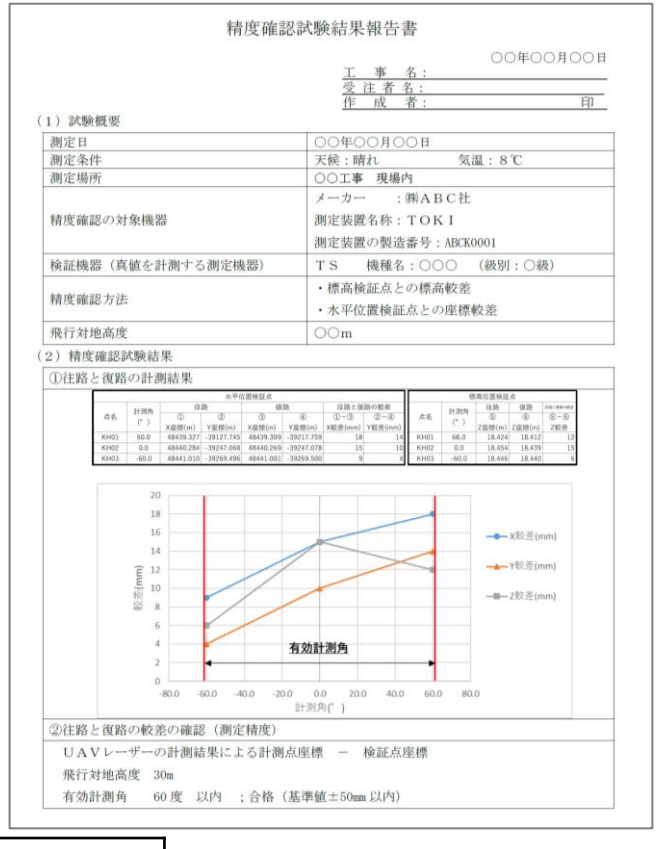
- 機器構成
  - UAVレーザー本体
    - ✓ GNSS測量機が2周波GNSSであり、適正な精度管理が行われていることを示す書類が添付される。

チェックポイント

・2周波GNSS であること
・測定精度：計測範囲内で±50mm以内
（起工測量に利用する場合は　±100mm以内）
（出来高計測に利用する場合は　±200mm以内）

  - UAV
    - ✓ 「無人航空機の飛行に関する許可・承認の審査要領」許可要件に準じた飛行マニュアルが添付される。
    - ✓ UAVの保守点検記録が添付される。
  - ソフトウェア
    - ✓ 施工計画書に使用するソフトウェア（ソフトメーカー、ソフトウェア名、バージョン）を記載する。カタログや仕様書の提出は不要である。

事前精度確認試験結果報告書（例）



精度確認試験結果報告書

○○年○○月○○日

工　事　名：
受 注 者 名：
作　成　者：　　印

（1）試験概要

測定日	○○年○○月○○日
測定条件	天候：晴れ　　気温：8℃
測定場所	○○工事　現場内
精度確認の対象機器	メーカー　：㈱ＡＢＣ社 測定装置名称：ＴＯＫＩ 測定装置の製造番号：ABCK0001
検証機器（真値を計測する測定機器）	ＴＳ　機種名：○○○　（級別：○級）
精度確認方法	・標高検証点との標高較差 ・水平位置検証点との座標較差
飛行対地高度	○○m

（2）精度確認試験結果

①往路と復路の計測結果

水平位置検証点

点名	計測角（°）	往路 ① X座標(m)	往路 ② Y座標(m)	復路 ③ X座標(m)	復路 ④ Y座標(m)	往路と復路の較差 ①−③ X較差(mm)	往路と復路の較差 ②−④ Y較差(mm)
KH01	60.0	48439.327	-39127.745	48439.309	-39217.759	18	14
KH02	0.0	48440.284	-39247.088	48440.269	-39247.078	15	10
KH03	-60.0	48441.010	-39269.496	48441.001	-39269.500	9	4

標高位置検証点

点名	計測角（°）	往路 ⑤ Z座標(m)	復路 ⑥ Z座標(m)	往路と復路の較差 ⑤−⑥ Z較差
KH01	66.0	18.424	18.412	12
KH02	0.0	18.454	18.439	15
KH03	-60.0	18.446	18.440	6

②往路と復路の較差の確認（測定精度）

ＵＡＶレーザーの計測結果による計測点座標　－　検証点座標
飛行対地高度　30m
有効計測角　60 度　以内　；合格（基準値±50mm 以内）

添付する書類

UAVレーザー	利用前の12ヶ月以内に1回以上精度確認を実施、結果報告書を作成し添付(ﾒﾝﾃﾅﾝｽ等でIMUとLSを分離した場合は組立後にも実施)
	精度管理として、計測実施前の12か月以内に実施した精度確認試験結果を添付
UAV	飛行マニュアル
	保守点検記録（製造元の点検(1回/年以上)）

2－3. 施工計画書の作成（無人航空機搭載型レーザースキャナー）

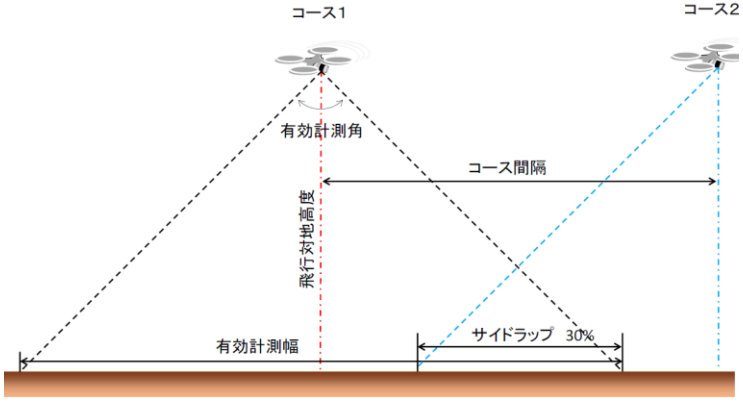
飛行計画の留意点

- 以下の項目に留意し、飛行計画を作成し、施工計画書に添付されているか確認する。

①所定の予測精度が確保できる飛行経路及び飛行高度等の算出結果
②調整用基準点・検証点の概観及び設置位置、調整用基準点位置の測定方法を示した設置計画
③計測区域を完全にカバーする飛行コースの設定

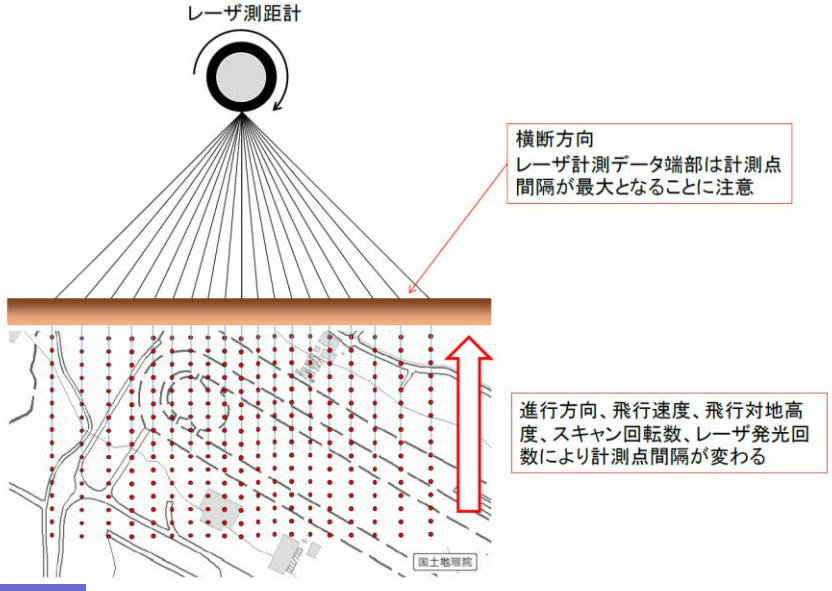
計測諸元

・飛行対地高度	（m）
・飛行速度	（m／秒）
・レーザー拡散角	（mrad）
・IMU の精度（ロール角）	（度）
・IMU の精度（ピッチ角）	（度）
・IMU の精度（ヘディング角）	（度）
・スキャン回転数	（回転／秒）ポリゴンミラーの回転数
・レーザー発光回数	（回数）
・有効計測角	（度）
・有効計測幅	（m）
・コース間隔	（m）
・計測点間隔（進行方向、横断方向）	（ｃｍ）

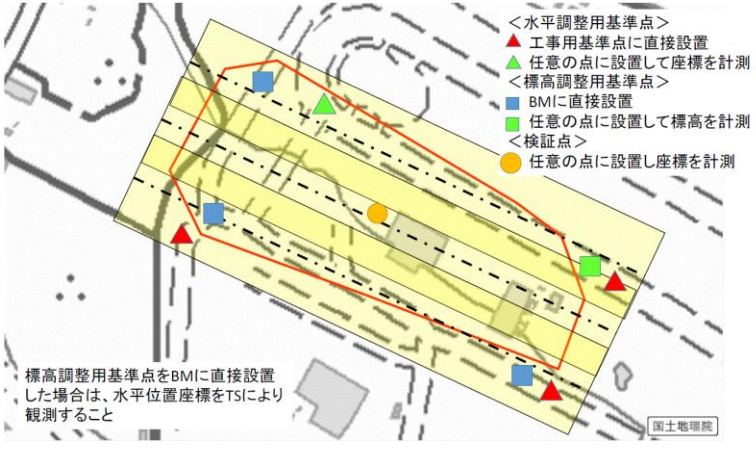


飛行速度の決定（計測点密度の粗密が生じないよう留意

飛行中は、機体の揺れによる計測点密度の粗密が生じる恐れがあるため、要求される計測点密度を十分満足するよう留意して飛行速度を決定すること。



調整用基準点設置計画の例



標高調整用基準点の一例

水平調整用基準点の一例

- 調整用基準点の形状は任意であり、計測点群データから座標が特定できるものを用いる
- x,y,z座標が特定できる物を用いることで、標高調整用基準点と水平調整用基準点を兼ねる事が出来る。

2－4. 施工計画書の作成（TS（ノンプリ））

TS（ノンプリズム）を使って起工測量を行う場合は、使用機器・ソフトウェア（TSの計測性能、機器構成及び利用するソフトウエア）が記載される。

機器構成、仕様確認時の留意点

- 機器構成
  - TS本体
    - ✓ 計測性能及び精度管理が下記と同等以上で、適切な点検管理が行われていることを示す書類が添付される。

チェックポイント

・計測性能：計測範囲内で平面精度±20mm、鉛直精度±20mm以内
・精度管理：校正証明書あるいは検査成績書により、適正な精度管理（有効期限内）であることが明記されている資料

  - ソフトウェア
    - ✓ 施工計画書に使用するソフトウェア（ソフトメーカー、ソフトウェア名、バージョン）を記載する。カタログや仕様書の提出は不要である。

添付する書類

TS計測精度	出来形計測の12ヶ月前以内に精度確認を実施し、結果報告書を作成し添付
TS精度管理	校正証明書あるいは検査成績書を実施して添付

事前精度確認試験結果報告書（例）

精度確認試験結果報告書

○○年○○月○○日
工　事　名：
受 注 者 名：
作　成　者：　　印

（1）試験概要

測定日	○○年○○月○○日
測定条件	天候：晴れ　　気温：8℃
測定場所	○○工事　現場内
精度確認の対象機器	メーカー　：㈱ＡＢＣ社 測定装置名称：ＴＳ9800 測定装置の製造番号：T0123
検証機器（真値を計測する測定機器）	ＴＳ　機種名：○○○　（級別：○級）
精度確認方法	・ＴＳ（プリズム方式）とＴＳ（ノンプリズム方式）の、検証点の各座標の較差
検証機器と検証点との距離	○○m

（2）精度確認試験結果

検証点名：○○○○

		x座標	y座標	z座標
①真値の計測結果	1点目	44044.720	-11987.655	17.890
（x，y，z）	2点目	44060.797	-11993.390	17.530
②ＴＳ（ノンプリズム方式）による計測結果	1点目	44044.729	-11987.665	17.901
（x'，y'，z'）	2点目	44060.812	-11993.404	17.543
③差の確認（測定精度）	1点目	0.009	0.010	0.011
（x'，y'，z'）－（x，y，z）	2点目	0.015	0.014	0.013

x成分（最大）＝0.015m（15mm）；合格（基準値±20mm以内）
y成分（最大）＝0.014m（14mm）；合格（基準値±20mm以内）
z成分（最大）＝0.013m（13mm）；合格（基準値±20mm以内）

2－5. 施工計画書の作成（TS等光波方式）

TSを使って起工測量を行う場合は、使用機器・ソフトウェア（TSの計測性能、機器構成及び利用するソフトウエア）が記載される。

機器構成、仕様確認時の留意点

- 機器構成
  - TS等光波方式本体
    - ✓ 国土地理院認定3級以上の機種を利用する場合は測定精度確認は省略できる。
    - ✓ 計測性能および精度管理の根拠となる書類が添付される。

チェックポイント

・計測性能：計測範囲内で平面精度±20mm、鉛直精度±10mm以内
・精度管理：校正証明書あるいは検査成績書により、適正な精度管理（有効期限内）であることが明記されている資料
※傾斜補正機能付きプリズムを用いる場合は、傾斜補正機能付きプリズムの事前精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書に従い精度確認試験を実施し、その結果を提出する
※地上移動対搭載型プリズムを用いる場合は、地上移動体搭載型プリズムの事前精度確認試験手順書及び試験結果報告書に従い、精度確認試験を実施し、その結果を提出する

  - ソフトウェア
    - ✓ 施工計画書に使用するソフトウェア（ソフトメーカー、ソフトウェア名、バージョン）を記載する。カタログや仕様書の提出は不要である。

添付する書類

TS測定精度	利用までに精度確認を実施し、結果報告書を作成し添付
TS精度管理	校正証明書あるいは検査成績書を実施して添付

参考

- **TS**
  1台の機械で角度（鉛直角・水平角）と距離を同時に測定することができる電子式測距測角儀のことである。
  計測した角度と距離から未知点の座標計算を瞬時に行うことができ、計測データの記録及び外部機器への出力ができる。
  標定点、検証点、標定点調整用基準点の座標取得、及び実地検査に利用される。
- **光波方式**
  トータルステーションに加え、国土地理院で認定されないがトータルステーションと同等な計測性能をもつ光波方式の総称である。
  望遠鏡が搭載されていないTS等光波方式でも、精度確認試験をおこなうことで出来形管理に使うことが出来る。
  望遠鏡が搭載されていないTS等光波方式とは、プリズムを自動追尾する機能が組み込まれ視準することなく角度（鉛直角・水平角）と距離を同時に測定することができる電子式測距測角儀を利用したものである。

2－6. 施工計画書の作成（RTK-GNSS）

RTK－GNSSを使って起工測量を行う場合は、使用機器・ソフトウェア（RTK－GNSSの計測性能、機器構成及び利用するソフトウエア）が記載される。

機器構成、仕様確認時の留意点

- 機器構成
  - RTK－GNSS本体
    - ✓ 国土地理院の定める1級（2周波）と同等以上の性能を有する機器を利用する。
    - ✓ 計測性能及び精度管理が下記と同等以上で、適切な点検管理が行われていることを示す書類が添付される。

チェックポイント

・計測性能：計測範囲内で平面精度±20mm、鉛直精度±30mm以内
・精度管理：校正証明書あるいは検査成績書により、適正な精度管理（有効期限内）であることが明記されている資料
※断面管理にRTK-GNSSを用いる場合は、「断面管理にRTK-GNSSを用いる場合の事前精度確認試験手順書及び試験結果報告書」に示す精度確認試験を実施し、その記録を提出する
※高さ計測に高さ補正を用いる場合、高さ補正機能の精度管理が適正に行われていることを証明する公的な検定制度及び校正証明書等で確認することができる。これがない場合、測量機器メーカーの発行する検査成績書（1年以内）で確認することができる

  - ソフトウェア
    - ✓ 施工計画書に使用するソフトウェア（ソフトメーカー、ソフトウェア名、バージョン）を記載する。カタログや仕様書の提出は不要である。

添付する書類

RTK-GNSS計測精度	測量機器メーカーの発行する検査成績書（1年以内）を添付、あるいは利用前1年以内に精度確認を実施し、結果報告書を作成し添付
RTK-GNSS精度管理	校正証明書あるいは検査成績書を実施して添付 もしくは現場で精度確認を実施し、結果報告書を添付

カタログ（例）

GNSSの型式		A機種
精度	スタティック（短縮スタティック含む）	水平 ±(3mm+0.5ppm×D) m.s.e. 垂直 ±(5mm+0.5ppm×D) m.s.e.
	リアルタイムキネマティック（Real Time Kinematic／RTK）	水平 ±(10mm+1.0ppm×D) m.s.e. 垂直 ±(15mm+1.0ppm×D) m.s.e.
最小解析値		0.5mm
防塵仕様		…
…		…
国土地理院登録		1級GPS受信機
備考		

2－7. 施工計画書の作成（施工履歴データ）

機器構成、仕様確認時の留意点

- 機器構成
  - ICT建設機械本体
    - 計測精度が下記と同等以上で、適正な精度管理が行われていることを示す書類を添付する。

・計測性能：計測範囲内で水平・鉛直方向ともに±50mm以内
（出来形計測の場合）
計測密度：1点以上/1m2（1m×1mメッシュ）
・精度管理：着工前、および施工期間中は日々の精度確認を実施、
確認点数は1点
※「ICT建設機械等の認定に関する規定」により認定され、規定の「申請者が公表を求める事項」について、認定事業者が精度確認試験方法を公表している場合は、本要領案に規定されている確認方法のほか、認定事業者が公表している精度確認方法によることができる

  - ソフトウェア
    - 使用するソフトウェア（ソフトメーカー、ソフトウェア名、バージョン）を記載する。**カタログや仕様書は不要**である。

添付する書類

ICT建設機械計測精度	施工前にテスト作業による精度確認を実施し、結果報告書を作成し添付
ICT建設機械精度管理	結果報告書を監督職員の求めに応じ提出できるように保管。

※精度管理
「実際に掘削・整形作業を行う方法（計測値の精度確認）」と「ICT建設機械の作業位置を計測する方法（建機の測位精度管理）」の2つが必要

取得したデータの信頼度を担保します

事前精度確認試験結果報告書（例）

精度確認試験結果報告書

○○年○○月○○日
工　事　名：
受 注 者 名：
作　成　者：　　印

（1）試験概要

測定日	○○年○○月○○日
測定条件	天候：晴れ　　気温：8℃
測定場所	○○工事　現場内
精度確認の対象機器	メーカー　：㈱ＡＢＣ社 測定装置名称：SR420 測定装置の製造番号：SN00022
検証機器（真値を計測する測定機器）	ＴＳ　機種名：○○○　（級別：○級）
精度確認方法	・施工履歴データの取得による計測標高と、ＴＳ等光波方式による計測標高との較差

（2）精度確認試験結果

差の確認（鉛直方向の測定精度）

施工履歴データの取得による計測標高 ― ＴＳ等光波方式による計測標高

①実際に掘削・整形作業を行う方法

	点番	平場※		
		Δｘ	Δｙ	Δｚ
較差	1	31mm	20mm	35mm
	2	21mm	10mm	28mm
	3	19mm	33mm	14mm
	・ ・ ・	・ ・ ・	・ ・ ・	・ ・ ・
基準		±50mm 以内		
合否		合格		

※本確認は、施工履歴データによる出来形管理を行う範囲の形状応じて、平場または法面にて１回実施する。

②ＩＣＴ建設機械の作業装置位置を計測する方法

	点番	各測点における差		
		Δｘ	Δｙ	Δｚ
較差	1	25mm	34mm	24mm
	2	16mm	11mm	13mm
	3	19mm	38mm	19mm
	・ ・ ・	・ ・ ・	・ ・ ・	・ ・ ・
基準		±50mm 以内		
合否		合格		

2－8. 施工計画書の作成（地上写真測量）

機器構成、仕様確認時の留意点

- 機器構成
  - デジタルカメラ
    - 計測精度が下記と同等以上で、適正な精度管理が行われていることを示す書類を添付する。

・計測性能：地上画素寸法が10mm／画素以内（出来形計測の場合）
・精度管理：±50mm以内

現場精度確認において必要な精度を確保することが確認できる場合には、任意の地上画素寸法にて計測してもよい。

  - ソフトウェア
    - 使用するソフトウェア（ソフトメーカー、ソフトウェア名、バージョン）を記載する。**カタログや仕様書は不要**である。

添付する書類

デジタルカメラ計測精度	現場で精度確認を実施し、結果報告書を作成し添付
デジタルカメラ精度管理	必要に応じて製造メーカー等による機能維持のための点検（センサーの清掃及び機能確認等など）を実施

取得したデータの信頼度を担保します

事前精度確認試験結果報告書（例）

カメラキャリブレーション及び精度確認試験結果報告書

○○年○○月○○日

工　事　名：
受 注 者 名：
作　成　者：　　印

（1）カメラキャリブレーションの実施記録

カメラキャリブレーション実施年月	令和○○年○○月○○日
作業機関名	
実施担当者	
使用するデジタルカメラ	メーカー　　：（製造メーカー名） 測定装置名称：（製品名、機種名） 測定装置の製造番号：（製造番号）

※カメラに汎用機を用いない場合（GNSS等とカメラが一体化した専用機および専用の解析ソフトウェアを用いる場合等）で、ＩＣＴ出荷時にカメラキャリブレーションが実施済みであり、この結果が解析ソフトに解析の与条件として入力されている等により、現場毎にカメラキャリブレーションを実施する必要が無い技術の場合には、「地上写真測量専用システムを使用するため現場毎のカメラキャリブレーションは実施不要」と記載する。

（2）試験概要

精度確認試験実施年月	○○年○○月○○日
作業機関名	
実施担当者	
測定条件	天候：晴れ　　気温：８℃
測定場所	○○工事　現場内
検証機器（真値を計測する測定機器）	ＴＳ　　機種名：○○○　（級別：○級）
精度確認方法	既知点の座標較差
精度検証対象機器と既知点の距離	○m

（3）精度確認試験結果

検証点名：○○○○

	x座標	y座標	z座標
①地上写真測量による確認（x，y，z）	44044.725	−11987.621	17.894
②ＴＳによる検証点の確認（x'，y'，z'）	44044.700	−11987.638	17.870
③差の確認（測定精度）（x'，y'，z'）－（x，y，z）	0.025	0.017	−0.024

x成分（最大）＝ 0.025m（ 25mm）；合格（基準値±50mm以内）
y成分（最大）＝ 0.017m（ 17mm）；合格（基準値±50mm以内）
z成分（最大）＝−0.024m（−24mm）；合格（基準値±50mm以内）

2－8. 施工計画書の作成（地上写真測量）

撮影計画の留意点

- 地上写真測量のラップ率や撮影コース等の記載の有無を確認する。
- 以下の項目に留意し、撮影計画を作成し、施工計画書に添付されているか確認する。

①計測対象面とカメラのおおよその離 隔計測対象面上 で の 画角 サイズ、計測対象面を所定のラップ率で撮影するための測線数及び各測線の撮影枚数を記載する。なお、所定のラップ率については、撮影計画上の縦断ラップ率を最低90%以上とするか、撮影後に確認する縦断方向の実績のラップ率を最低80%以上とするかのいずれかとする。いずれを選択するかについて、撮影計画に記載する。

②カメラの名称・性能と 算出に使用するソフトウェアの名称を記載する。

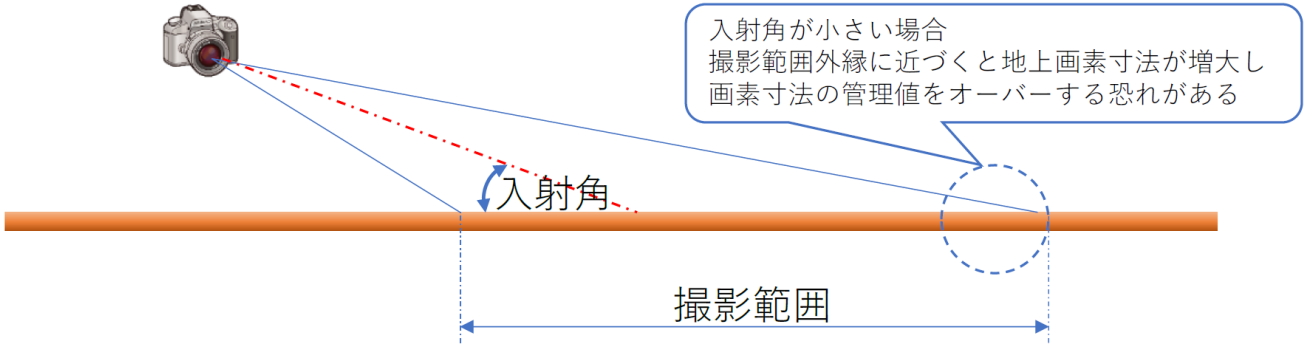
③標定点の外観及び設置位置、標定点位置の測定方法を示した設置計画を記載する。

④撮影区域を完全にカバーするため、撮影コースの始めと終わりの撮影区域外をそれぞれ最低1モデル（2枚の写真の組み合わせ）以上設定する。

⑤計測対象面とカメラとの離隔は、必要な精度を満たす地上画素寸法を確保できること。特に計測対象面に対するカメラの視線の入射角が小さい状態での撮影においては、右図に示すように、撮影範囲外縁で地上画素寸法が大幅に低下する場合があるため、この点に留意して計測計画を立案すること。

⑥画素寸法は使用するカメラの素子寸法及び画面距離と入射角を考慮して求めるものとする。

入射角と地上解像度



入射角が小さい場合に起こりうる地上解像度の大幅な低下

2－9. 施工計画書の作成（モバイル端末等）

機器構成、仕様確認時の留意点

- 機器構成
  - モバイル端末等
    - 計測精度が下記を満足していることを記載し、試験結果報告書を添付する。

【面管理】
・計測性能：鉛直・水平方向ともに±50mm以下（出来形計測の場合）
・計測密度：1点以上/0.01m2（0.1m×0.1mメッシュ　出来形計測時）

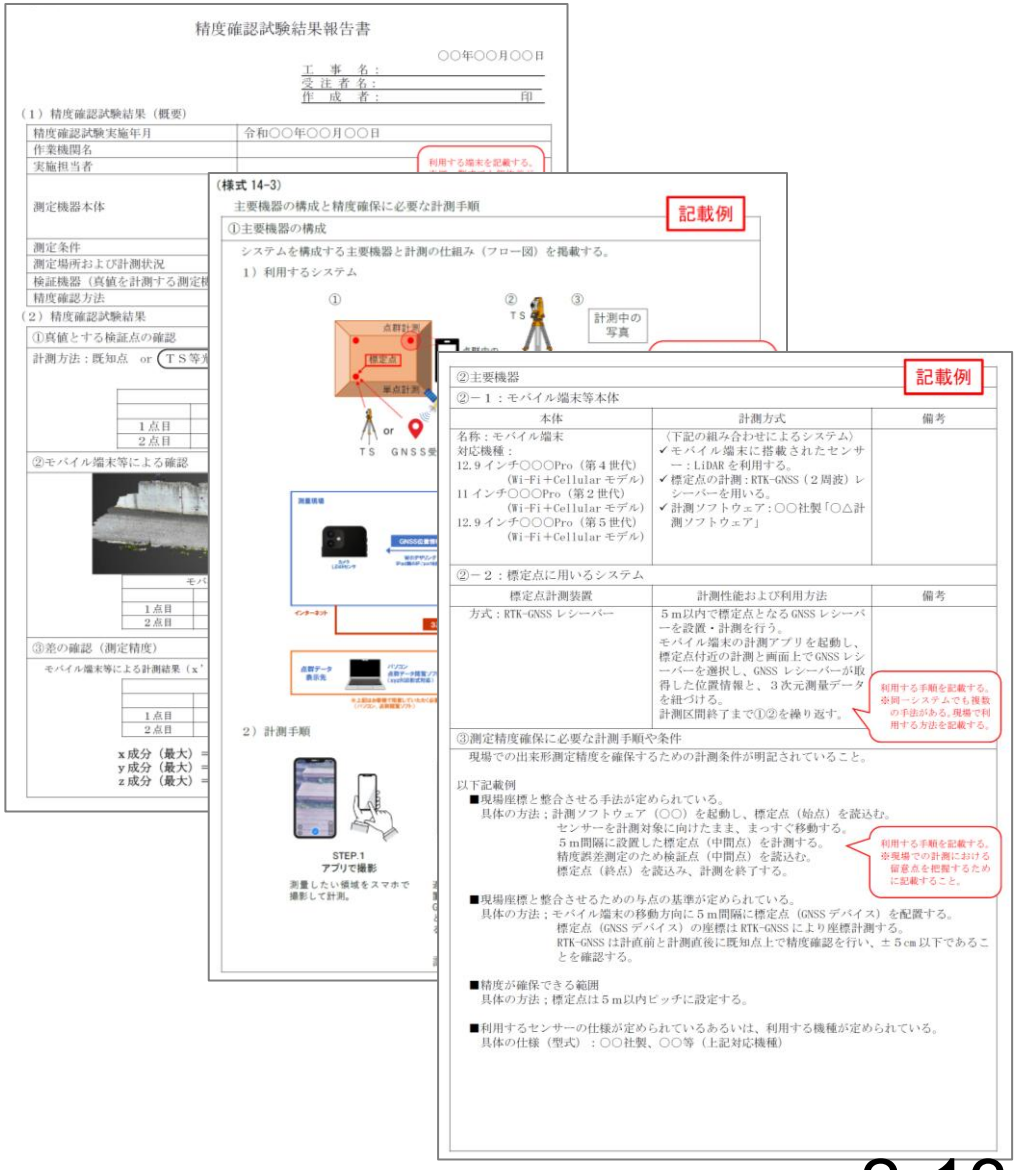
  - ソフトウェア
    - 使用するソフトウェア（ソフトメーカー、ソフトウェア名、バージョン）を記載する。**カタログや仕様書は不要**である。

添付する書類

モバイル端末等計測精度	現場で利用前（利用の12カ月以内）に精度確認を実施することが望ましい、結果報告書を作成し添付
モバイル端末等精度管理	定期点検や制度確保の公的な制度が規定されていない

事前精度確認試験結果報告書（例）

取得したデータの信頼度を担保します



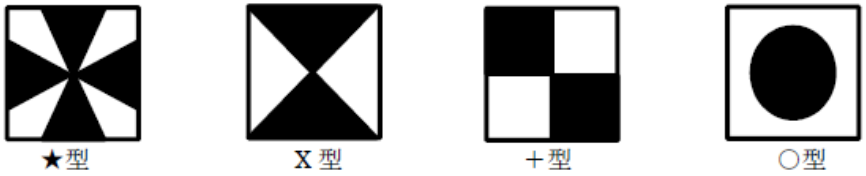
3. 3次元起工測量

3－1．3次元起工測量（空中写真測量）

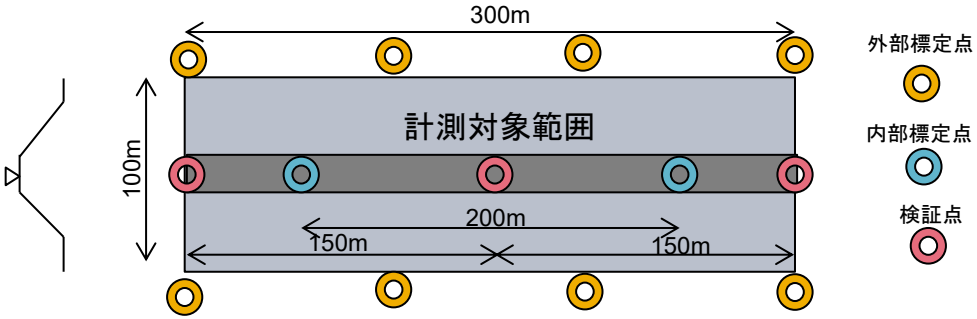
標定点及び検証点の設置・計測の留意点

標定点　：　計測結果を現場座標系に変換するために使用
検証点　：　計測精度の確認のために使用

- 計測精度を確保するための標定点の設置の条件は、以下を標準とする。
  - 標定点は、計測対象範囲を包括するように、公共測量作業規程の準則（第4編第414条）における外部標定点として撮影区域外縁に100m以内の間隔となるように設置するとともに、公共測量作業規程の準則（第4編第414条）における内部標定点として天端上に200m間隔程度を目安に設置する。
  - 検証点は、公共測量作業規程の準則における検証点として天端上に200m以内の間隔となるように設置する。標定点として設置したものと交互になるようにすることが望ましく、計測範囲が狭い場合については、最低2箇所設置する。精度確認用の検証点は、標定点として利用できない。



対空標識（標定点・検証点）の例



ワンポイント

・標定点および検証点は工事引照点などの既知点から、事前精度確認にて所要の精度があることが確認されたTS等光波方式を用いて計測する。
・標定点および検証点は計測中動かないように設置する。

3－1．3次元起工測量（空中写真測量）

空中写真測量の実施時の留意点

①撮影飛行

空中写真測量（UAV）による計測では、計測対象範囲に作業員や仮設構造物、建設機械などが配置されている場合は、地形面のデータが取得できない。このため、可能な限り地形面が露出している状況での計測を行う。また、以下の条件では適正な計測が行えないので十分気をつける。

- 写真が鮮明に撮れないなど暗い場合
- 日差しが強く影部が鮮明に撮れない場合
- 水面や白色部のハレーションに留意
- 草や木などで地面が覆われている場所 → 植生が繁茂して空中写真に地面が写らない場所では、取得する標高データが不足する。
- 積雪により地面が覆われている場合
- 法面や構造物を計測する場合には、カメラの角度などを工夫すること
- 水面や草木など動きのある地物が多く介在するエリア

②自動航行を行わない場合の留意点

自動航行を行わない場合の計測精度を確保するための所定の条件は以下を標準とする。

- 直線かつ 、等高線または等対地高度の撮影となるように飛行する。
- 撮影区域を完全にカバーするため、撮影コースの始めと終わりの撮影区域外をそれぞれ最低1モデル（2枚の空中写真の組み合わせ）以上形成できるように飛行する。
- 構造物に接触しないよう、十分注意して計測する。

ワンポイント

・空中写真測量の実施にあたっては、航空法に基づく「無人航空機の飛行に関する許可・承認の審査要領」の許可要件に準じた飛行マニュアルを作成し、マニュアルに沿って安全に留意して行う。

3－1. 3次元起工測量（空中写真測量）

点群データの作成時の留意点

①写真測量ソフトウェアに関する留意事項

- カメラキャリブレーションの結果は、計測精度に影響を与えるため、施工現場におけるセルフキャリブレーションや避けて、カメラキャリブレーションに適した環境で実施することに留意する。
- UAVの飛行ログデータを使用したデータ処理が行える場合は、利用することもできる。

②点群処理ソフトウェアに関する留意事項

- 処理する3次元座標は、出来形管理結果に影響するため、不要点除去時には留意する。

精度確認時の留意点

精度確認の結果、必要な精度を満たさない場合は、写真測量ソフトウェアでの処理を再度実施するなどの前のステップに戻って再度実施する。

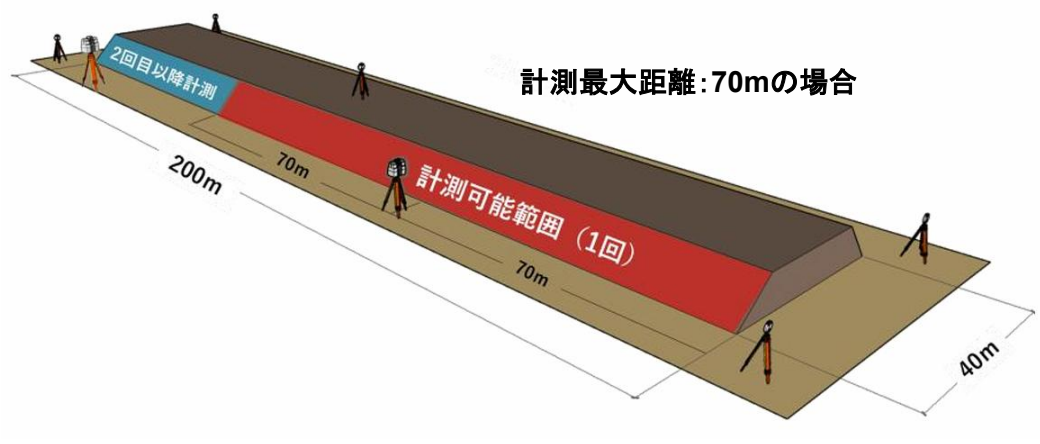
ワンポイント

・UAVにて撮影した空中写真を写真測量ソフトウェアに読込み、地形や地物の座標値を算出し、算出した地形の3次元座標の点群から不要点等を除去し、3次元の点群データを作成する。

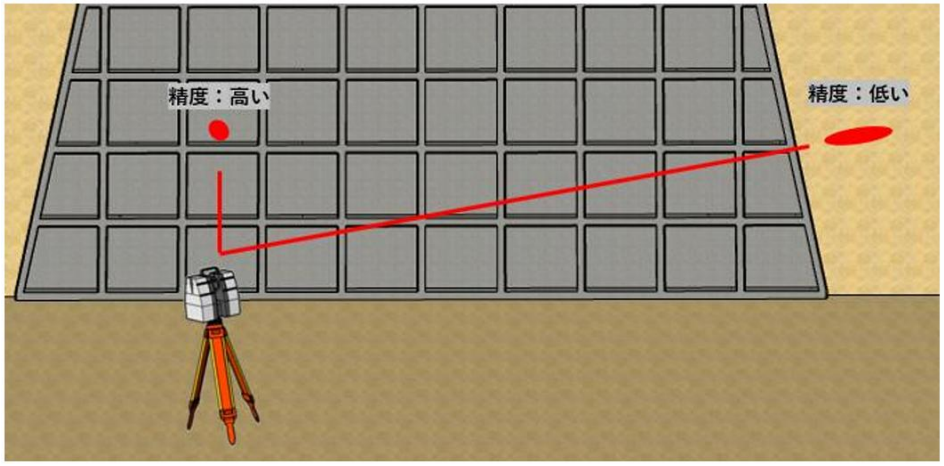
3－2. 3次元起工測量（地上型レーザースキャナー）

TLS設置時の留意点

- TLSと被計測対象の位置関係は、被計測対象となる範囲の全てが精度確認試験で確認した最大距離以内となる範囲を設定する。
- １回の計測で精度確認試験で確認した最大距離以上となる範囲がある場合や、多方向・多方面からの計測が必要となる場合は、設置箇所を複数回に分ける。
- TLSのレーザーと被計測対象物ができるだけ正対した位置関係であること。



設置箇所を複数回に分けて計測



対称面へのレーザーの入射角が浅い（鋭角）と
精度低下を起こしやすい

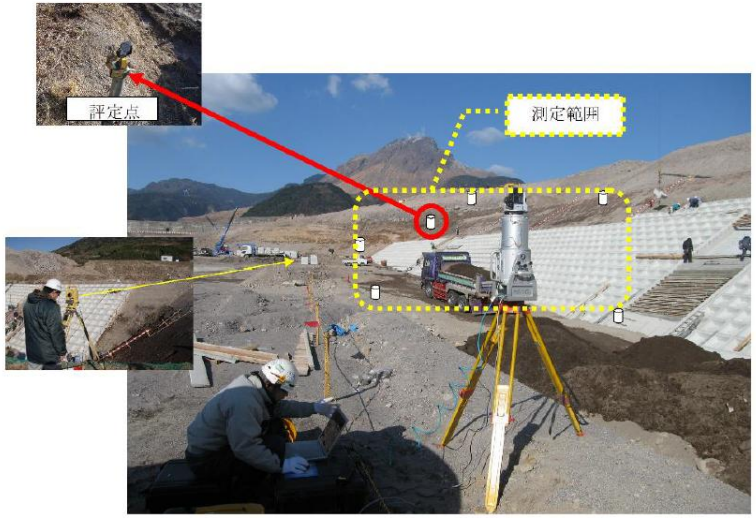
ワンポイント

- 計測対象範囲に対して正対して計測できる位置を選定する。
- 計測範囲に対してTLSの入射角が著しく低下する場合や、１回の計測で不可視となる範囲がある場合は、不可視箇所等を補間できる計測位置を選定する。

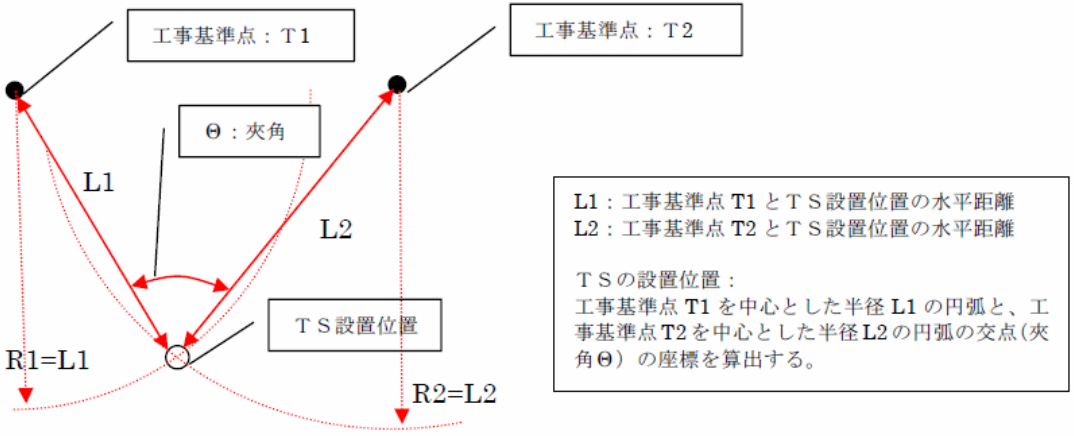
3－2. 3次元起工測量（地上型レーザースキャナー）

標定点を使用する場合の留意点

- 標定点は、計測対象箇所の最外周部に4箇所以上配置する。
- 標定点の計測はTSを用いて実施し、TSから基準点及び評定点までの距離が100m以下（3級TSの場合）あるいは150m以下（2級TSの場合）とする。
- 現場計測において検証点が必要な工種は、検証点の配置箇所・個数などを計画する。
- 以下の場合は標定点を設置せず計測ができる。
  - ➢ TLS本体にTSと同様にターゲット計測による後方交会法による位置決め機能を有している場合
    （ターゲットは工事引照点あるいは基準点上に設置すること）
  - ➢ GNSS－TLSを用いる場合



ＬＳと標定点の配置（例）



TSを使った後方交会法による位置決めの例

ワンポイント

・TLSによる計測結果を3次元座標へ変換、あるいは複数回の計測結果を標定点を用いて合成する場合は、標定点を設置する。標定点は工事引照点からTSを用いて計測を行う。

3－2. 3次元起工測量（地上型レーザースキャナー）

計測時の留意点

①計測密度設定の留意点

- TLSと計測対象範囲の位置関係を事前に確認し、最も入射角が低下する箇所で設定する。
- 必要に応じてTLSの位置を変えるなど、データ処理を含めた作業全体の効率化に留意する。

②測定時の留意点

- 可能な限り出来形の地形面が露出している状況で計測する。
- 以下の条件では適正な計測が行えないので、十分に注意する。

  - 雨や霧、雪などレーザーが乱反射してしまう様な気象
  - 計測対象範囲とレーザー光の入射角が極端に低下する場合
  - 強風などで土埃などが大量に舞っている場合
  - 草や木などで地面が覆われている場所

- TLS計測で利用するレーザークラスに応じた使用上の対策を講じるとともに、安全性に十分考慮する。

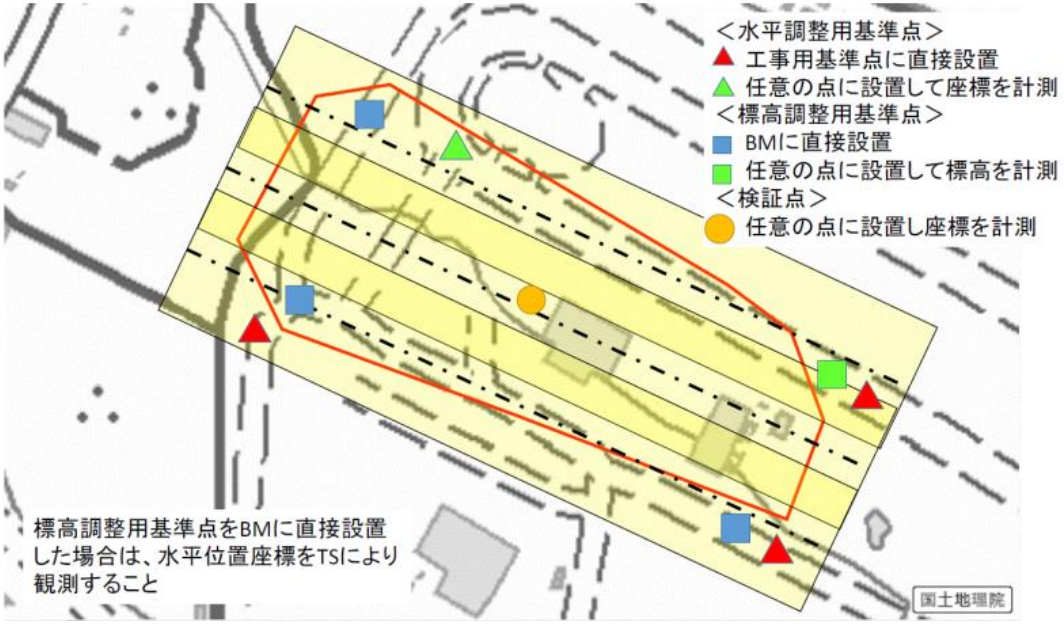
ワンポイント

・出来形計測にあたっては、計測対象範囲内で100cm2（10cmメッシュ）に1点以上の計測点が得られる設定で計測を行う。

3－3. 3次元起工測量（無人航空機搭載型レーザースキャナー）

調整用基準点の設置・計測の留意点

- 調整用基準点は、面積（km2）を0．25で割った値に1を足した値とし、最低4点、計測対象箇所の四隅に配置することを標準とする。
- 起工測量においては、評定点の計測についてはGNSSローバーの利用も可能である。
- 鉛直高さと水平位置の検証点は、それぞれ最低1点以上、調整用基準点の設置位置から概ね等距離となる位置に設置するものとし、計測方法は調整用基準点と同等とする。ただし、工事引照点、BM、KBMへ直接設置できる場合は、この限りではない。
- 標高調整用基準点は、平坦で明瞭な地点を選定し水平に設置する。
- 水平調整用基準点は、地上から突出した直方体、球体、板などの任意の形状で、水平位置（真値及び計測結果）が特定できるものを設置する。
- 標識の大きさはLSの性能に留意して決定すること。
- この他、x、y、z座標が特定できる物（既存の構造物の角など、既存の明瞭な地物で、計測点群データからx、y、z座標が特定できるもの）を用いることで、標高調整用基準点・検証点と水平調整用基準点・検証点を兼ねる事が出来る。



標高調整用基準点の一例

水平調整用基準点の一例

ワンポイント

・調整用基準点は、平坦で明瞭な地点を選定し水平に設置する。
・調整用基準点は計測中は動かないように設置する。

精度確認時の留意点1

a. 最適軌跡解析

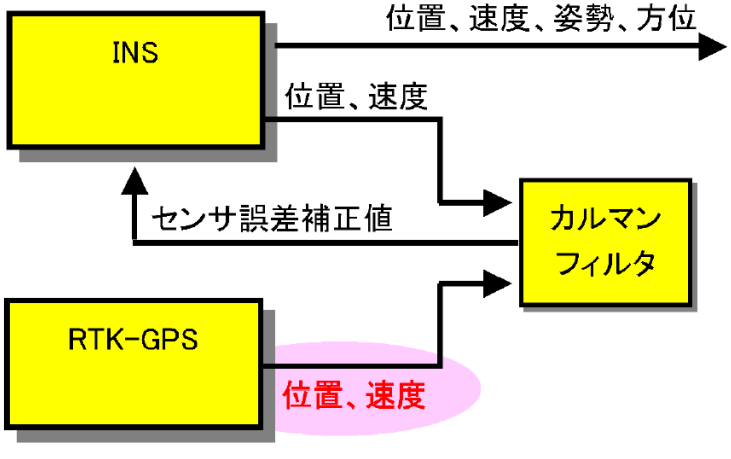
最適軌跡解析をGNSS観測データ及びIMU観測データを用いて、Loosely Coupled方式またはTightly Coupled方式で行う。

○Loosely Coupled方式

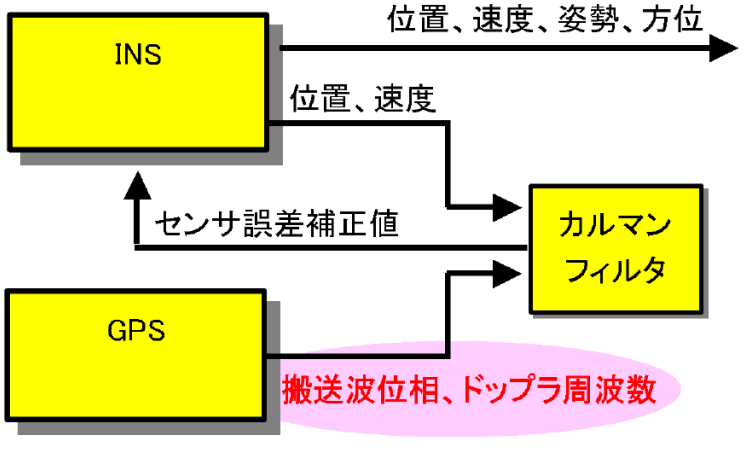
まずGNSS衛星を利用したキネマティック解析により機体の3次元位置を特定し、IMUのデータを反映して最適軌跡解析を行うプロセスを経る。Loosely Coupled方式のキネマティック解析時にはGNSS衛星のが5個以上必要となり、5個以下になると著しく精度が低下することに留意すること。

○ Tightly Coupled方式

キネマティック解析と最適軌跡解析を同時に行う手法であり、GNSS衛星の衛星数が一時的に不足しても、解析処理は一定の精度を維持できることが特徴である。



LooselyCoupled方式（国総研ＨＰより）



TightlyCoupled方式（国総研ＨＰより）

精度確認時の留意点2

b. コース間標高値の点検

コース間の重複部分に点検箇所を選定し、コースごとの標高値の比較点検を行うものとする。

① 点検は、各コース間重複部分で2箇所以上行う。

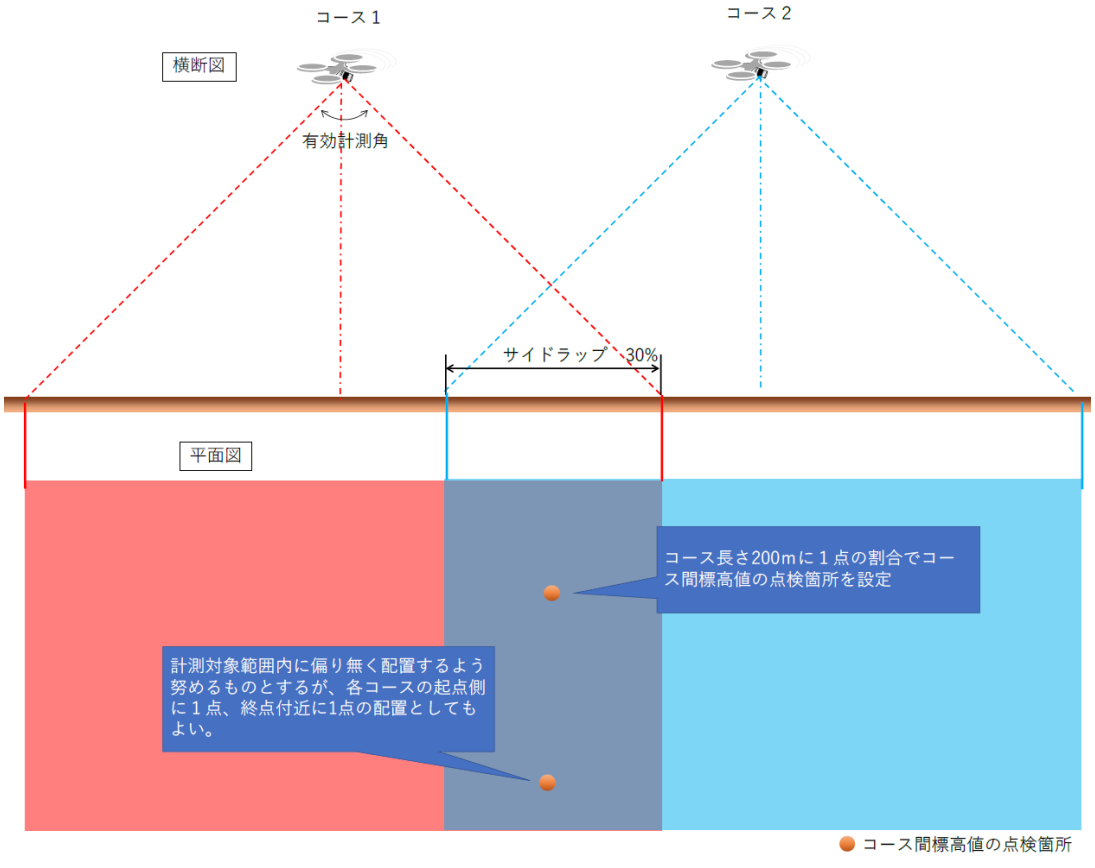
② 点検箇所は、計測対象範囲内に偏り無く配置するよう努めるものとするが、各コー スの起点側に1点、終点付近に1点の配置としてもよい。

③植生のある場所等の地形条件で平坦な場所がない場合は、点検箇所の配置及び点数を増加させることで、測量精度の劣化を防ぐことができる。

④ 点検箇所の標高値は、平坦で明瞭な地点を選定し、計測点密度と同一半径の円又はおおむね2倍辺長の正方形内の計測データを平均したものとする。

⑤ 標高値の較差は重複計測したレーンごとに、各点の較差を集計し、平均する。

⑥ 重複計測したレーンごとの標高値の較差の平均値は、±50mm以内とする。



ワンポイント ・UAVレーザーで計測したデータについて、コース間較差を確認する。

精度確認時の留意点3

c. 3次元計測データの点検

① 調整用基準点と比較する三次元計測データは、調整用基準点として設置されたターゲット（平板など）上で得られた計測データを平均する。

② すべての調整用基準点において三次元計測データの平均値との較差を、水平位置、標高について求め、その平均値との標準偏差等を求める。

③ 各調整用基準点における点検の結果、水平位置、標高の較差の平均値の絶対値が50mm以上又はRMS誤差が50mm以上の場合は、原因を調査の上、再計算処理又は再測等の是正処置を講じる。

調整用基準点調査表

地区名		○○地区					作業者	○○ ○○	
							点検者	○○ ○○	
番号	点名	水準結果	三次元計測データの平均	水準との差 △H	番号	点名	水準結果	三次元計測データの平均	水準との差 △H
1	G1	28.48	58.48	0.00	11				
2	G2	28.43	28.43	0.00	12				
3	G3	20.3	20.30	0.00	13				
4	G4	20.41	20.42	0.01	14				
5					15				
6					16				
7					17				
8					18				
9					19				
10					20				

	データ数	平均値（m）	最大値（m）	最小値（m）	最大値－最小値	標準偏差：$\sqrt{\frac{\sum(\Delta H)2}{n-1}}$
計測範囲全域の水準との差	4	0	0.01	0	0.01	0.01

④ すべての調整用基準点での点検の結果、水平位置、標高の較差の平均値の絶対値が50mm以上の場合で、標高調整用基準点の較差の傾向が作業地域全体で同じ場合は、地域全体の3次元データの標高値を上下の一律シフトの平行移動により補正を行う。また、水平調整用基準点の較差の傾向が、作業地域全体で同じ水平方向にシフトしている場合は、水平方向に一律シフトの平行移動および回転により補正を行う。

⑤ 上記④の補正を行った後、再び上記③の点検を実施し、結果を次に示す調整用基準点調査票にとりまとめる。監督職員から提出の請求があった場合は速やかに提出する。

ワンポイント　・UAVレーザーで計測したデータについて、調整用基準点における較差等を確認する。

計測時の留意点

①UAVレーザー計測の実施の留意点

- 出来形計測のための飛行は飛行計画に基づき実施すること。
- IMUの精度が低下しないよう一定方向、等速度で飛行し、旋回は十分な半径で飛行すること。

②測定時の留意点

- 可能な限り出来形の地形面が露出している状況での計測する。
- 以下の条件では適正な計測が行えないので、十分に注意する。
  - 雨や霧、雪などレーザーが乱反射してしまう様な気象
  - 計測対象範囲とレーザー光の入射角が極端に低下する場合
  - 強風などで土埃などが大量に舞っている場合
  - 草や木などで地面が覆われている場所
  - UAVレーザー計測で利用するレーザークラスに応じた使用上の対策を講じるとともに、飛行等を含む安全性に十分考慮すること。
  - 衛星の配置や受信状態が悪いと高精度な計測が行えない場合があるため、事前に衛星の配置状況等を確認すること。

ワンポイント

・飛行マニュアルに沿って安全に留意して行うこと。
・起工測量は、計測対象範囲内で1m2あたり4点以上の計測点が得られる設定で計測する。

3－4. 3次元起工測量（TS（ノンプリ））

TS（ノンプリズム）配置の留意点

- TS（ノンプリズム）と被計測対象の位置関係は、被計測対象となる範囲の全てが精度確認試験で確認した最大距離以内となる範囲を設定する。
- 1 回の計測で精度確認試験以上となる範囲がある場合は、設置箇所を複数回に分けて実施する。

TS（ノンプリズム方式）の設置・計測時の留意点

- TS（ノンプリズム）が水平で計測点を率的に取得できる位置に設置すること。
- TS（ノンプリズム）と被計測対象物ができるだけ正対したうえで可能な限り工事引照点に設置すること。
- 工事引照点の設置によりがたい場合は、後方交会法による任意の未知点への設置を認めている。詳細は「TS（ノンプリズム方式）を用いた出来形管理要領（土工編）」の「出来形管理用TS（ノンプリズム方式）による出来形計測」の記載を参照すること。
- 計測中に機器が動かないように確実に設置すること。
- 工事引照点は、3次元設計データに登録されている点を用いること。
- 機器高の入力ミスなどの単純な誤りが多いので、注意すること。
- TS（ノンプリズム）と工事引照点の距離が近いと、方位の算出誤差が大きくなるので注意すること。

ＴＳを設置時に後方交会法を用いる場合の留意事項

ワンポイント

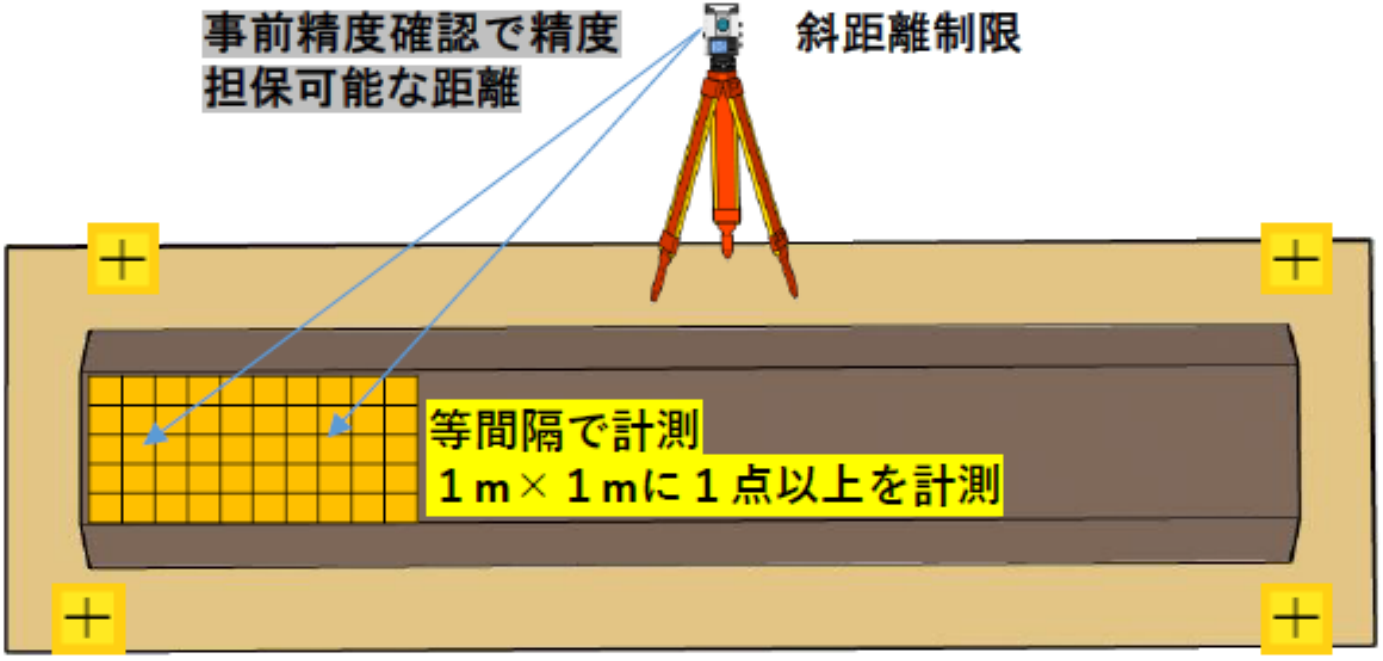
・計測対象範囲に対して正対してうえで工事引照点上で計測できる位置を選定する。
・計測範囲に対して、1回の計測で不可視となる範囲がある場合は、不可視箇所等を補間できる計測位置を選定する。

3－4. 3次元起工測量（TS（ノンプリ））

計測時の留意点

①計測密度設定の留意点

- TS（ノンプリズム）と計測対象範囲の位置関係を事前に確認し、出来形評価用データの点密度が1m間隔以内（1点/m2 以上）で概ね等間隔に得られるよう計測する。



ワンポイント

・起工測量は、計測対象範囲内で0.25㎡（0.5m×0.5mメッシュ）に1点以上の計測点が得られる設定で計測を行う。

4. 事前精度確認試験の実施・結果の提出の実務内容

4－1. 事前精度確認試験（空中写真測量）

カメラキャリブレーションおよび事前精度確認試験の留意点

現場における空中写真測量（UAV）の測定精度を確認するために、現場に設置した**2箇所**の既知点を使用し、空中写真測量から得られた点群データ上の検証点の座標と既知点座標を比較し精度確認試験を行う。比較方法には以下の①、②のいずれかを用いる。

【精度確認方法】

①：SfMで生成した点群から読み取った検証点の3次元座標を、TSで実測した3次元座標で比較する方法

②：SfMにより写真から点群を生成した後に、出力される処理レポートに記載の検証点誤差から精度を確認する方法

【測定精度】

各座標値の較差±50mm以内

取得したデータの信頼度を担保します

○○年○○月○○日

工　事　名：
受注者名：
作　成　者：　　印

カメラキャリブレーション及び精度確認試験結果報告書

（1）カメラキャリブレーションの実施記録

カメラキャリブレーション実施年月	令和○○年○○月○○日
作業機関名	
実施担当者	
使用するデジタルカメラ	メーカー　：（製造メーカー名） 測定装置名称：（製品名、機種名） 測定装置の製造番号：（製造番号）

（2）試験概要

精度確認試験実施年月	○○年○○月○○日
作業機関名	
実施担当者	
測定条件	天候：晴れ　　気温：8℃
測定場所	○○工事　現場内
検証機器（真値を計測する測定機器）	ＴＳ　機種名：○○○　（級別：○級）
精度確認方法	検証点の各座標の較差

（3）カメラの位置計測に用いた機器

カメラの位置計測に用いた機器がある場合は以下を記入すること

メーカー	（製造メーカー名）
名称	（製品名、機種名）
製造番号	（製造番号）

（4）精度確認試験結果

検証点名：○○○○

		x座標	y座標	z座標
①真値とする検証点の計測結果	1点目	44044.720	−11987.655	17.890
（x，y，z）	2点目	44060.797	−11993.390	17.530
②空中写真測量（UAV）による計測結果	1点目	44044.700	−11987.644	17.870
（x'，y'，z'）	2点目	44060.778	−11993.385	17.521
③差の確認（測定精度）	1点目	−0.020	−0.011	−0.020
（x'，y'，z'）−（x，y，z）	2点目	−0.019	−0.005	−0.009

x成分（最大）＝−0.020m（−20mm）；合格（基準値±50mm以内）
y成分（最大）＝−0.011m（−11mm）；合格（基準値±50mm以内）
z成分（最大）＝−0.020m（−20mm）；合格（基準値±50mm以内）

参考資料-1 空中写真測量（UAV）の精度確認試験実施手順書（案）

①実施時期

- 写真測量ソフトウェアから計点群データを算出する際に実施する。
- 精度確認は空中真測量により計測ごとに行う。

②実施方法

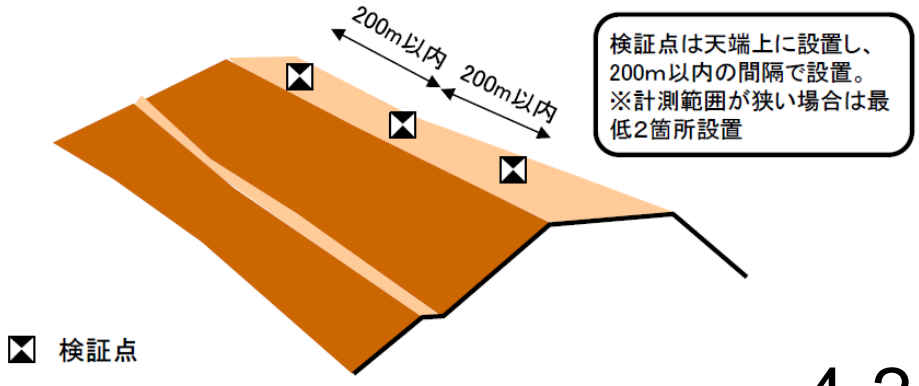
- 現場に設置した既知点を使用し、空中写真測量から得られた点群データ上の検証点の座標を計測する。

③検証点の設置

- 真値となる座標は、基準点 あるいは、工事基準上などの 既知点の座標値や、基準点および工事引照点を用いて測量した座標値を利用する 。

④評価基準

- 空中写真による計測結果を既知点などの真値と比較し、その差が適正であることを確認する。



精度確認試験の配置イメージ図

4－2. 事前精度確認試験（無人航空機搭載型レーザースキャナー）

事前精度確認試験の留意点

UAVレーザーの計測性能および測定精度を確認するために、現場に設置した**水平位置検証点**、**標高検証点**を使用しシステム性能および精度確認試験を行う。

【再現性についての要求精度】

●出来形計測に利用する場合	水平較差	**±50mm以内**
	標高較差	**±50mm以内**
●起工測量に利用する場合	水平較差	**±100mm以内**
	標高較差	**±100mm以内**
●出来高計測に利用する場合	水平較差	**±200mm以内**
	標高較差	**±200mm以内**

- UAVレーザーはGNSSやIMUとLS等を組合せた技術であり、各システムの複合的な組合せによりその性能や精度に違いが存在する。
- これらの技術から得られる計測点群データは座標としては調整用基準点により位置、回転、高さは補正される。このことから、性能確認および精度確認として形状の検証を主な目的としている。
- 受注者は、利用する機器の特徴を十分に把握した上で、UAVレーザーで計測を行う最大距離付近（精度面で最も不利となる位置や範囲）およびそれ以上離れた位置で**サイドラップ（30%）**の中央付近に水平位置検証点、標高検証点を設置する。
- UAVレーザーを用いてサイドラップ30%での計測を行い、計測結果から得られる水平位置検証点、標高検証点の2回（往路・復路各1回）の計測値の水平較差、標高較差を確認し、用途別に定められた再現性についての要求精度以内であることを確認する。

精度確認試験結果報告書

○○年○○月○○日

工　事　名：
受 注 者 名：
作　成　者：　　印

（1）試験概要

測定日	○○年○○月○○日
測定条件	天候：晴れ　　気温：8℃
測定場所	○○工事　現場内
精度確認の対象機器	メーカー　：㈱ＡＢＣ社 測定装置名称：ＴＯＫＩ 測定装置の製造番号：ABCK0001
検証機器（真値を計測する測定機器）	ＴＳ　機種名：○○○　（級別：○級）
精度確認方法	・標高検証点との標高較差 ・水平位置検証点との座標較差
飛行対地高度	○○m

（2）精度確認試験結果

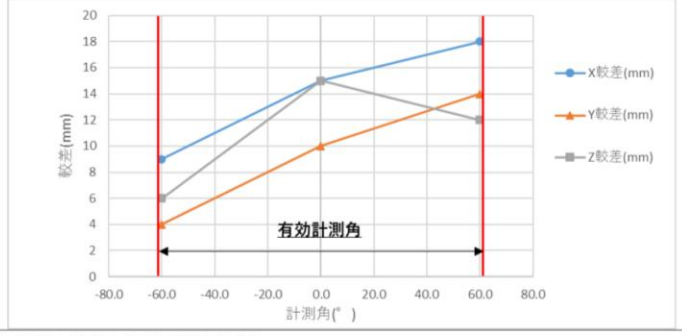
①往路と復路の計測結果

水平位置検証点

点名	計測角（°）	往路 ① X座標(m)	往路 ② Y座標(m)	復路 ③ X座標(m)	復路 ④ Y座標(m)	往路と復路の較差 ①－③ X較差(mm)	往路と復路の較差 ②－④ Y較差(mm)
KH01	60.0	48439.327	-39127.745	48439.309	-39217.759	18	14
KH02	0.0	48440.284	-39247.068	48440.269	-39247.078	15	10
KH03	-60.0	48441.010	-39269.496	48441.001	-39269.500	9	4

標高位置検証点

点名	計測角（°）	往路 ⑤ Z座標(m)	復路 ⑥ Z座標(m)	⑤－⑥ Z較差
KH01	60.0	18.424	18.412	12
KH02	0.0	18.454	18.439	15
KH03	-60.0	18.446	18.440	6



②往路と復路の較差の確認（測定精度）

ＵＡＶレーザーの計測結果による計測点座標　－　検証点座標

飛行対地高度　30m

有効計測角　60 度　以内　；合格（基準値±50mm 以内）

4－2. 事前精度確認試験（無人航空機搭載型レーザースキャナー）

事前精度確認試験の留意点

①実施時期

- 暫定案として利用前12ヶ月以内に精度確認試験を実施する
- ただし、メンテナンス等によりIMUとLSを分離した場合は、組立後に精度確認試験を実施する。

②実施方法

- 飛行コースと直交する横断方向に水平位置検証点、標高検証点を3箇所以上設置する。
- 設置位置は飛行コース直下に1箇所、出来形計測時に想定している有効計測角でレーザーが射出される位置付近に1箇所ずつ設置する。

③検証点の座標算出

- 検証点を往路方向と復路方向の各1回飛行して、標高検証点、水平位置検証点を計測し、往路、復路の標高検証点のZ座標、水平位置検証点のX,Y座標の較差を算出する。
- 最適軌跡解析は往路と復路で分割せず、一連の軌跡として解析する。

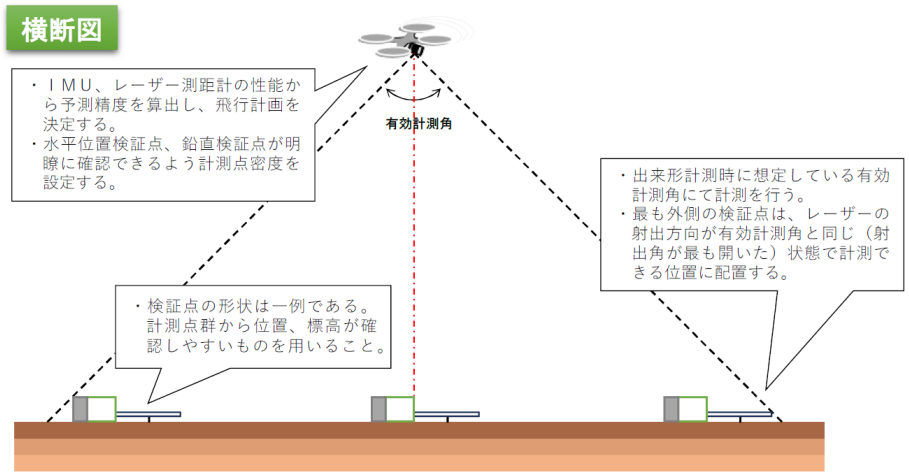
④評価基準

- 往路と復路で計測した標高検証点および水平位置検証点のx,y,z座標を比較して較差を算出し、較差が次表の基準を満足していることを確認する。
- 実現場における有効計測角や飛行対地高度、飛行速度、スキャン回転数、レーザー発行回数等の計測諸元は、本確認試験で設定したものと同様に設定する。

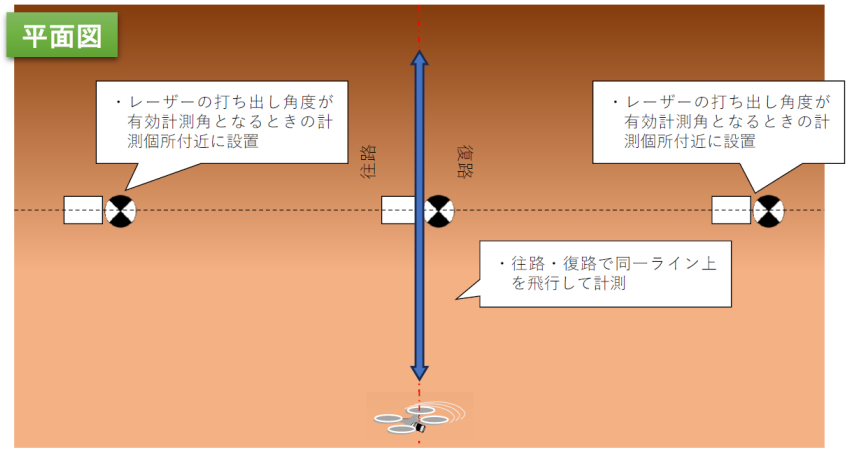
＜精度確認試験での精度確認基準＞

比較方法	用途と精度確認基準	備考
水平座標較差	出来形計測：50mm 以内 起工測量　：100mm 以内 出来高計測：200mm 以内	精度確認基準を満足する最大計測角を確認し、これを有効計測角とする。
標高較差	出来形計測：50mm 以内 起工測量　：100mm 以内 出来高計測：200mm 以内	

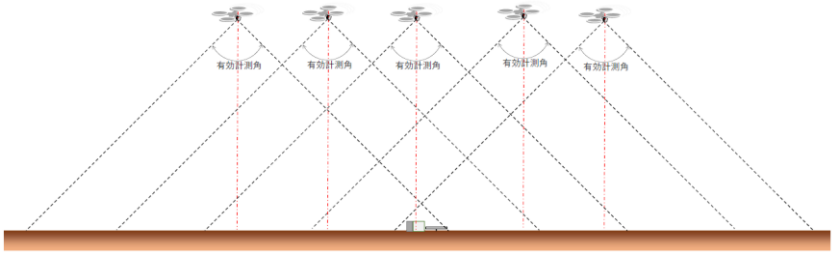
検証点を複数設置できる場合



検証点の形状や模様等は一例



検証点を1箇所しか設置できない場合



4－3. 事前精度確認試験（施工履歴データ）

事前精度確認試験の留意点

①実施時期

- 作業装置位置の測定精度確認のため、出来形管理範囲着工前にテスト作業による 精度確認試験を現場ごとに1回実施する。
- 作業期間中の精度を管理する目的で、静止状態での精度確認を日々実施することとする。

②テスト作業による精度確認（着工前の精度確認）の実施方法

【実際に掘削整形作業、締固め作業を行う方法】

- 施工履歴データによる出来形管理を行う範囲の形状応じて、平場または法面にて1回実施する。
- 施工に使用するICT建設機械を用い、現場内の適切な場所で整形作業、締固め作業を行う。
- 作業中に施工履歴データを記録すし、作業後、トータルステーション（TS）等で出来形を検測する。
- 施工履歴データから求める出来形と、TS等光波方式で検測した点の3次元座標とを比較し、精度確認基準を満たすことを確認する。

【ICT建設機械の作業位置装置を計測する方法】

- ICT建設機械の施工履歴データと真値（真値はTS等光波方式で計測）を比較、差異を確認する。

③施工期間中の日々の精度確認の実施方法

- ICT建設機械から提供される作業機位置座標と、既知点、またはTS等光波方式により計測した座標との較差を算出し、水平・標高較差が精度確認基準に示す基準値以内であることを確認する。
- 確認点数は1 点とする。
- 試験結果は提出する必要はないが、監督職員の求めに応じて提出できるように保管すること。

④評価基準

- 計測結果を従来手法による計測結果と比較し、その差が右表の測定精度を満足することを確認する。

＜精度確認試験での精度確認基準＞

テスト作業による精度確認（着工前の精度確認）

計測	測定精度	計測密度
部分払い出来高計測	■ICTバックホウ・ICTブルドーザ・3DMGローラ（①②どちらかを実施） 【①実際に掘削・整形作業を行う方法】 法面または平場で下記の精度を確認する 水平・鉛直方向（Δx、Δy、Δz） 各±200mm以内 【②ICT建設機械の作業装置位置を計測する方法】 鉛直方向（Δz）±50mm以内	1点以上 /1m2 （1m×1mメッシュ）
出来形計測	■ICTバックホウ・ICTブルドーザ（①②両方実施） 【①実際に掘削・整形作業を行う方法】 法面または平場で下記の精度を確認する 水平・鉛直方向（Δx、Δy、Δz） 各±50mm以内 【②ICT建設機械の作業装置位置を計測する方法】 水平・鉛直方向（Δx、Δy、Δz） 各±50mm以内	1点以上 /1m2 （1m×1mメッシュ）
	■3DMGローラ（①，②両方実施） 【①実際に締固め作業を行う方法】 平場で下記の精度を確認する 水平・鉛直方向（Δx、Δy、Δz） 各±50mm以内 【②ICT建設機械の作業装置位置を計測する方法】 水平・鉛直方向（Δx，Δy，Δz） 各±50mm以内	1点以上 /1m2 （1m×1mメッシュ）

日々の精度確認

施工履歴を用いた管理の適用対象	測定精度
出来形計測	■ICTバックホウ・ICTブルドーザ・3DMGローラ 水平・鉛直方向（Δx、Δy、Δz）各±50mm以内

4－4. 事前精度確認試験（地上写真測量）

事前精度確認試験の留意点

①実施時期

- 撮影後、写真測量ソフトウェアにより計測点群データを算出する際に行う。
- 本精度確認は、地上写真測量による計測ごとに行うものとする。

②実施方法

- 現場に設置した既知点を使用し、地上写真測量から得られた計測点群データ上の検証点の座標の計測を行う。

③検証点の設置

- 真値となる座標値は、基準点あるいは、工事基準上などの既知点の座標値や、基準点及び工事引照点を用いて測量した座標値を利用する。

④評価基準

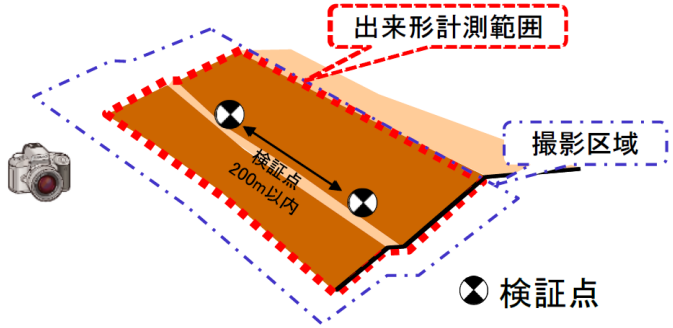
- 計測結果を既知点などの真値と比較し、その差が適正であることを確認する。

【精度確認方法】
①：SfMで生成した点群から読み取った検証点の3次元座標を、TSで実測した3次元座標で比較する方法
②：SfMにより写真から点群を生成した後に、出力される処理レポートに記載の検証点誤差から精度を確認する方法

＜精度確認試験での精度確認基準＞

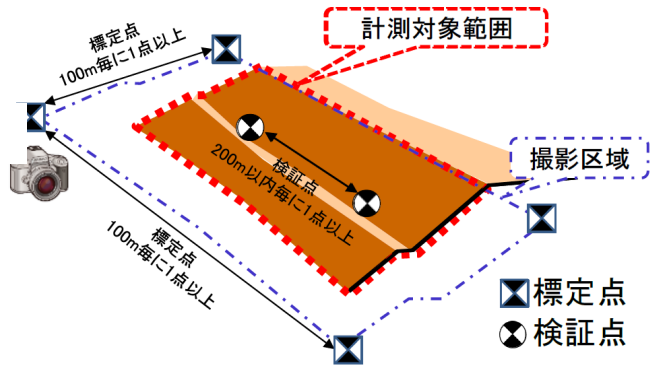
比較方法	精度確認基準	備考
各座標値の較差	±50mm以内	設置された検証点すべてで実施

撮影時のカメラの3次元座標を測定できる技術(自己定位型)を用いる場合



■標定点
・標定点の設置個数・配置は任意
■検証点
・計測範囲内部に200m毎１点以上設置
（延長が200m以下の場合は２点以上設置

自己定位型以外の技術を用いる場合



■標定点
・撮影区域外縁の四隅の1点に各1点以上設置
（ただし計測対象範囲の延長が100mを超える場合は
外縁の標定点の間隔が100m以内となるように追加設置）
■検証点
・計測範囲内部に200m毎１点以上設置
（延長が200m以下の場合は２点以上設置）

精度確認試験の配置イメージ

4－5. 事前精度確認試験（モバイル端末等）

事前精度確認試験の留意点

①実施時期

- 検証点による精度確認手法の場合は、計測ごとに精度確認を実施。
- 検証点による精度確認以外の精度確認手法を用いる場合は、事前精度確認試験を12 か月以内に実施するとともに、計測ごとの精度確認を実施。

②実施方法（検証点による精度確認の場合、検証点による精度確認以外の精度確認手法は出来形管理要領を参考とされたい）

- 検証点の設置
  計測対象範囲において、3次元座標が既知の点上に設置するか、設置後TS等光波方式で3次元座標を計測する。
  配置は、計測範囲内の任意の箇所に2箇所以上配置する。
- 検測
  検証点の3次元座標と、モバイル端末で計測した3次元座標との差（Δx、Δy、Δz）が±50mm以内であることを確認する。

③検証点を検測する際の注意点

- 精度確認試験の基準となる既知点からTS等光波方式を用いて計測する。
- 計測に3級TSを用いて計測する場合は、工事引照点等から検証点までの距離を100m 以内とする（2級TSは150m 以内）。

④評価基準

- 計測結果をTS等光波方式による計測結果と比較し、その差が適正であることを確認する。

＜精度確認試験での精度確認基準＞

比較方法	精度確認基準	備考
座標較差	【鉛直方向・平面方向】 起工測量、岩線計測 ±100mm以下 部分払い出来高計測 ±200mm以下 出来形計測 ±50mm以下	検証点2箇所以上

精度確認試験の配置イメージ

5. 出来形写真管理

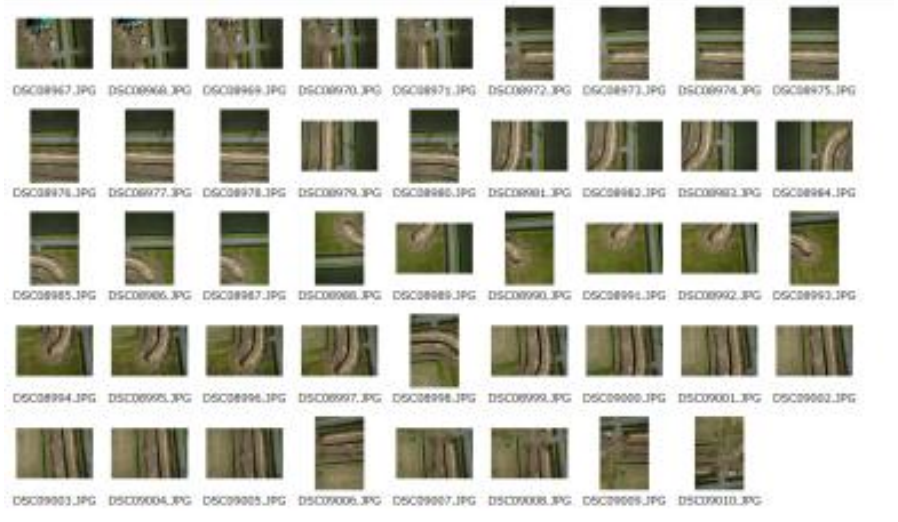
5－1. 出来形写真管理（空中写真測量）

出来形写真管理基準の留意点

区分		写真管理項目		
		撮影項目	撮影頻度[時期]	提出頻度
施工状況	図面との不一致	図面と現地との不一致の写真	撮影毎に1回［発生時］	写真測量に使用したすべての画像

工種	写真管理項目		
	撮影項目	撮影頻度[時期]	提出頻度
掘削工	土質等の判別	地質が変わる毎に1回［掘削中］	代表箇所　各1枚
	法長（法面）	撮影毎に1回［掘削後］	写真測量に使用したすべての画像
［道路］路体盛土工 路床盛土工 ［河川］盛土工	巻出し厚	200mに1回［巻出し時］	代表箇所　各1枚
	締固め状況	転圧機械又は地質が変わる毎に1回［締固め時］	
	法長（法面） 幅（天端）	撮影毎に1回［施工後］	写真測量に使用したすべての画像

写真撮影例



ワンポイント

UAV出来形管理を実施する場合、従来と比較して、以下の点が異なる。
①撮影頻度の変更
②空中写真測量（UAV）で撮影した写真の納品をもって、写真撮影に代える

5－2. 出来形写真管理（空中写真測量以外）

国土交通省
九州地方整備局

出来形写真管理基準の留意点

工種	写真管理項目		
	撮影項目	撮影頻度 [時期]	提出頻度
掘削工	土質等の判別	地質が変わる毎に1回[掘削中]	代表箇所 各1枚
	法長(法面)	計測毎に1回 [掘削後]	
[道路] 路体盛土工 路床盛土工 [河川] 盛土工	巻出し厚	200mに1回[巻出し時]	代表箇所 各1枚
	締固め状況	転圧機械又は地質が変わる毎に1回 [締固め時]	
	法長(法面) 幅(天端)	計測毎に1回 [施工後]	

（※上表のほか、施工状況撮影も追加あり）

（従来手法での撮影頻度）
200m又は1施工箇所に1回
[掘削後]

黒板への記載項目

① 工事名
② 工種等
③ 出来形計測範囲（始点側測点～終点側測点・左右の範囲）

黒板への記載項目

① 工事名
② 工種等
③ 出来形計測範囲（始点側測点～終点側測点・左右の範囲）　←追加
~~④ 出来形計測点（測点・箇所）~~　←軽減
~~⑤ 設計寸法~~　←軽減
~~⑥ 実測寸法~~　←軽減
~~⑦ 略図~~　←軽減

出来形管理写真（例）

ワンポイント

TLS出来形管理を実施する場合、従来と比較して、以下の点が異なる。
①撮影頻度の変更
②黒板への記載項目の軽減